



# Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país

Licitación N°: 608897-54-LE14

Estudio Elaborado por:



Para :



12 Diciembre 2014



Página web: [www.geasur.cl](http://www.geasur.cl)

Dirección: Almirante Gotuzzo 96

Teléfono: +562 – 2671 4795

Contacto: [contacto@geasur.cl](mailto:contacto@geasur.cl)

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde al estudio “Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país”, desarrollado por Geasur para el Ministerio del Medio Ambiente. En este documento se llevan a cabo los siguientes objetivos

- Sistematización de información y depuración de bases de datos y estadísticas.
- Resultados de definición de línea base considerando las variables internacionales.
- Caracterización de opciones tecnológicas disponibles.
- Evaluación de los costos incrementales de la actualización tecnológica.
- Diseño de encuestas y/o entrevistas a importadores.
- Comparación línea base con escenarios propuestos

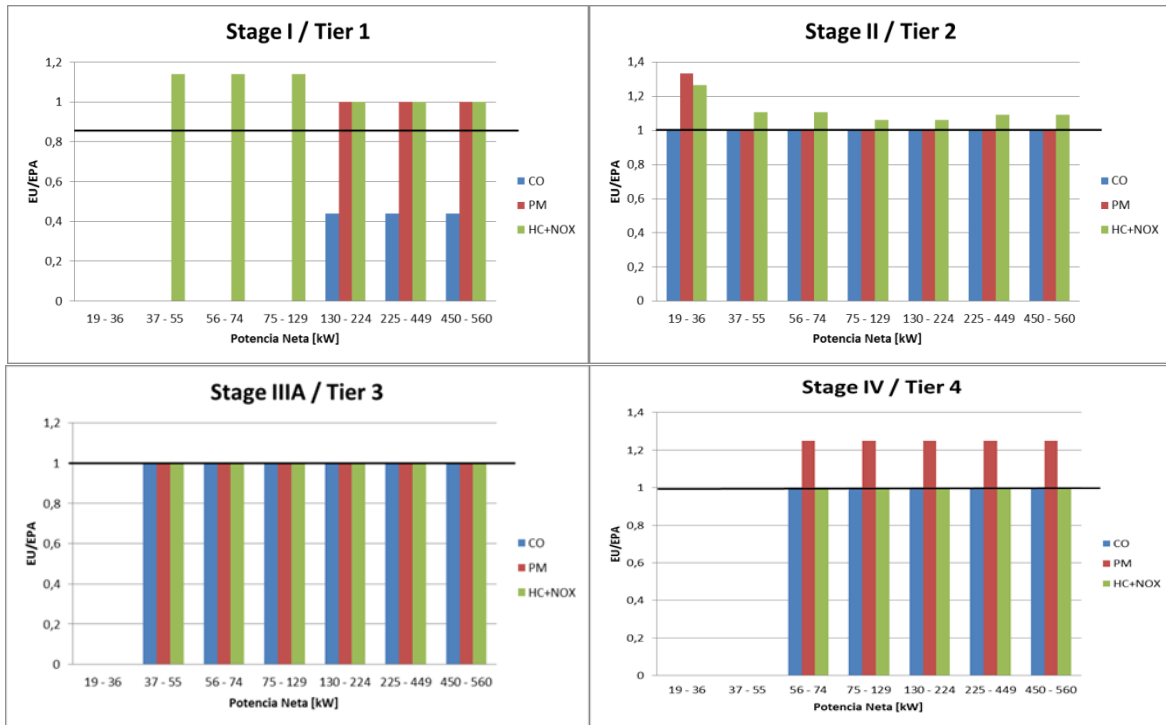
### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como definición de referencia para el estudio se considera “cualquier máquina móvil o equipo industrial portátil o vehículo con o sin carrocería, no destinados al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, aptos para desplazarse sobre el suelo, con o sin carretera y que funciona en base a motores de combustión interna, de encendido por compresión, con una potencia neta instalada, igual o superior a 19 kW pero inferior a 560 kW.

Se excluyen los motores destinados a la propulsión de automotores, locomotoras u otros elementos y equipos ferroviarios que se desplacen sobre rieles, barcos, aeronaves y vehículos de recreación.”

La definición anterior se sintetiza en el término Maquinaria Móvil Fuera de Ruta (MMFR).

En este documento se presenta la recopilación bibliográfica de las principales legislaciones internacionales (EPA y EURO). Al analizar ambas normativas se observó que ambas se encuentran bastante homologadas entre sí, tanto en los rangos de potencia normados, límites de emisión y ciclos de medición. A continuación se presentan unas graficas comparativas que ilustran lo enunciado:



Además, como parte de la bibliografía internacional analizada, se presentan los niveles normativos de Brasil y China, considerando su participación en las importaciones de este tipo de maquinaria.

Finalmente como parte de la recopilación bibliográfica, se presentan las diferentes tecnologías de motores por normativa para el control de emisiones.

### METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE EMISIONES

Para elaborar la línea base de emisiones a nivel nacional, es necesario caracterizar las maquinarias existentes. Para obtener esta información se realizó una depuración de las bases de datos de Aduanas entre los años 2000-2013, con el objetivo de conocer características de la flota, esenciales para el desarrollo de este estudio, tales como: Cantidad, potencia, tipo de combustible, rubro, etc. Así se obtuvo un total de 107.797 MMFR importada entre los años 2000-2013, que se ajusta a la definición de referencia.

Para poder estimar la cantidad de máquinas anteriores al año 2000, se utiliza la base de datos de PRT entre los años 2010-2013. Con la cual se determinaran los porcentajes de maquinaria que todavía están en funcionamiento. Para ello se utilizaran los equipos que cumplen con la definición de MMFR. Así se determinó la existencia de 21.069 máquinas con edad anteriores al año 2000.

Finalmente consolidando los resultados obtenidos y retirando la maquinaria que cumplió su ciclo de vida, conforme modelo EPA de chatarrización, se obtuvo el siguiente total de MMFR para el año 2013:

Rubro	Tipología	Cantidad
Agrícola-Forestal	Bulldozer	3
	Camión Fuera De Carretera	4
	Cargador De Troncos	422
	Cargador Frontal	61
	Cosechadora	4.209
	Excavadora	38
	Grúa Horquilla	97
	Grúa Telescópica	83
	Minicargador	18
	Miniexcavadora	2
	Otros Equipos Agrícolas	2.720
	Plataforma Telescópica	22
	Retroexcavadora	23
	Rodillo	6
Tractor Agrícola	38.409	
Construcción	Asfaltadora	256
	Bulldozer	1.511
	Camión Fuera De Carretera	353
	Cargador Frontal	5.255
	Dumper	48
	Excavadora	6.007
	Grúa Horquilla	922
	Grúa Telescópica	816
	Manipulador	998
	Minicargador	6.935
	Miniexcavadora	315
	Motoniveladora	1.398
	Otros Equipos De Construcción	160
	Otros Equipos En Minas Subterráneas	122
	Perforador	1.883
	Plataforma Telescópica	2.976
	Retroexcavadora	12.485
	Rodillo	3.421
Tractor	9	

Rubro	Tipología	Cantidad
Industrial	Barredora	33
	Cargador Frontal	272
	Excavadora	4
	Grúa Horquilla	4.037
	Grúa Telescópica	285
	Manipulador	481
	Minicargador	11
	Plataforma Telescópica	6.490
	Quitanieve	68
	Retroexcavadora	7
	Rodillo	34
	Tractor	1
	Minería	Bulldozer
Camión Fuera De Carretera		715
Cargador Frontal		2.378
Dumper		9
Excavadora		2.894
Grúa Horquilla		224
Grúa Telescópica		19
Manipulador		284
Minicargador		1026
Miniexcavadora		33
Motoniveladora		266
Otros Equipos En Minas Subterráneas		355
Perforador		2.665
Plataforma Telescópica		162
Quitanieve		2
Retroexcavadora		2.400
Rodillo		43
Tractor	7	
Zanjadora	10	
<b>Total</b>		<b>117.403</b>

Entre las metodologías para el cálculo de emisiones, se examinaron las dos más relevantes:

- 1) Modelo EPA
- 2) Modelo CORINAIR.

Para comparar las dos metodologías, se utilizarán los resultados del modelo CORINAIR del estudio [GEASUR 2013]. Estos valores serán comparados con la metodología EPA modelada con idéntica flota, que corresponde a MMFR de la construcción en la Región Metropolitana.

Se observa que ambos métodos entregan resultados muy similares entre sí, cuando utilizan los mismos factores de emisión, no obstante al comparar los factores de emisión EPA versus CORINAR, se aprecian diferencias importantes, resultando notoriamente menores los Factores de Emisión EPA, ya que estos consideran los valores de certificación de los motores fuera de ruta versus el de CORINAIR que considera en general como Factor de Emisión, el límite de emisiones que establece la norma.

Independientemente del Factor de Emisión que se utilice, el modelo EPA presenta las siguientes ventajas:

- a) Cálculo del factor de deterioro: EPA utiliza ecuaciones para el cálculo de este factor, lo que puede ser muy útil para obtener un deterioro local. Ya que el cálculo depende del nivel de actividad y factor de carga. Por otra parte CORINAIR utiliza un factor de deterioro como una constante que incrementa indefinidamente, según la edad del motor.
- b) Retiro de maquinaria presente en la flota: CORINAIR para retirar la maquinaria del parque, utiliza una edad definida para cada máquina. EPA por otra parte utiliza una curva de retiro lo cual puede ser más representativo para nuestro caso, puesto que la curva de retiro depende del nivel de actividad y factor de carga.
- c) Cálculo de emisiones de Material particulado: EPA realiza un ajuste en el azufre que contiene el combustible, restando así una fracción de emisiones provenientes por el contenido de este componente en el petróleo.

Dado lo anterior se ha utilizado, para la elaboración de la línea base de emisiones 2013, el Factor de Emisión CORINAIR, aplicando el modelo EPA de estimación de emisiones.

## RESULTADOS LINEA BASE 2013

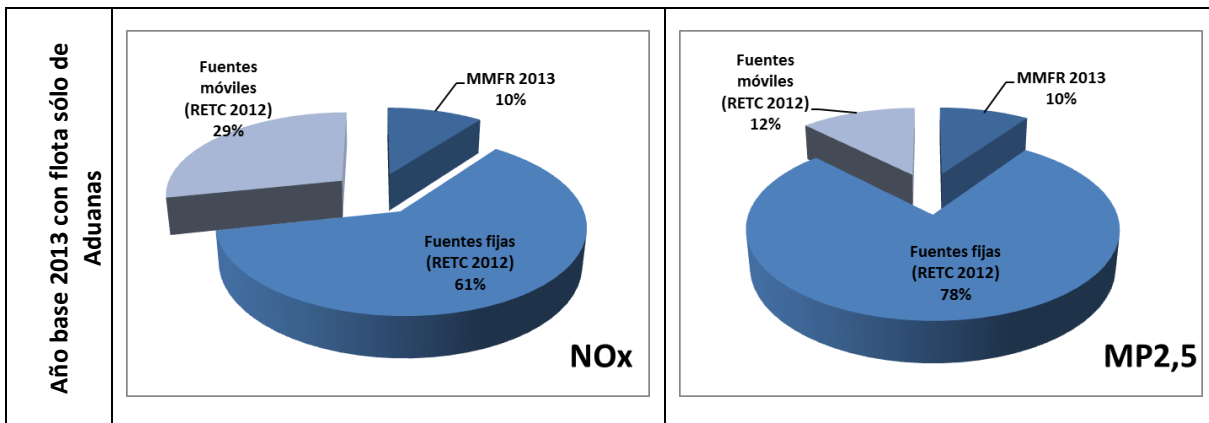
La línea base de emisiones fue calculada con la metodología EPA y con los factores de emisión CORINAIR, puesto que dado el origen diverso de las importaciones no permite asumir que se comportarán en los niveles de emisión de las certificaciones EPA, es más un 71% de la maquinaria importada, tiene origen en países que cumplen normativa europea.

Los resultados obtenidos en este estudio para el año son dos: 1) considerando la flota sólo de Aduanas y 2) considerando la flota de Aduanas más la estimación de maquinarias anterior al 2000, estos resultados son comparados con la información reportada en el RETC (Registro de emisiones y transferencia de contaminantes) a nivel nacional, proveniente de todas las fuentes contaminantes (móviles y fijas).

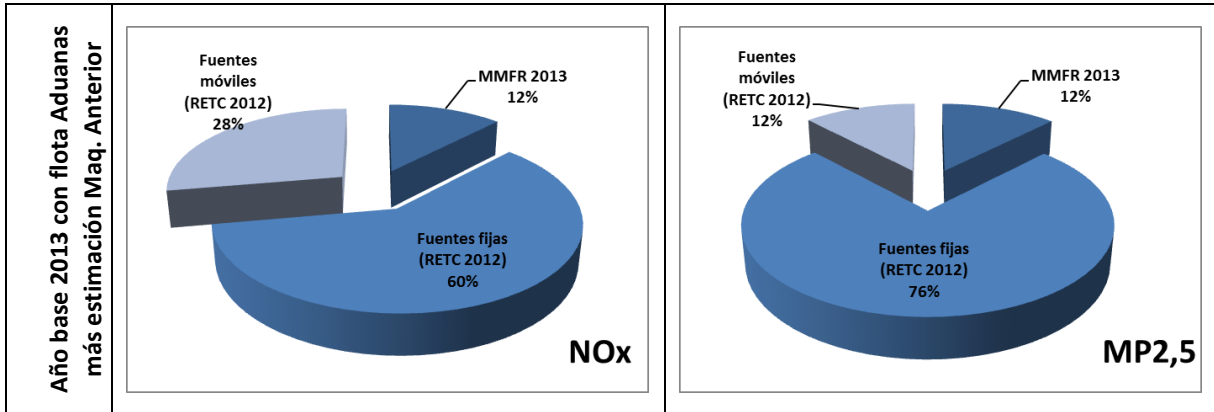
	COV [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM <sub>10</sub> [Ton]	PM <sub>2,5</sub> [Ton]	CO <sub>2</sub> [Ton]	SO <sub>2</sub> [Ton]
MMFR 2013 sólo Aduanas	4.890,90	22.647,04	30.324,67	3.313,66	3.214,25	3.029.626,00	92,83
MMFR 2013 sólo Aduanas más las maquinarias estimadas <2000	5.982,68	26.286,37	36.857,67	4.387,73	4.256,10	3.416.971,60	104,7
Fuentes móviles (RETC 2012) <sup>1</sup>	30.473,28	372.881,05	83.471,14	1.121,74	1.115,07	6.964.568,02	110,71

De la tabla anterior se observa que la maquinaria móvil fuera de ruta considerando sólo la flota de Aduanas, emiten respecto a todas las fuentes móviles del país un equivalente al 36% de NOx y un 288% en el PM2,5, es decir, casi tres (3) veces las emisiones de fuentes móviles. Ahora si comparamos los resultados de las emisiones obtenidas considerando la estimación de maquinaria anterior al año 2000, se obtienen que la MMFR emiten respecto a todas las fuentes móviles del país un equivalente al 44% de NOx y un 382% en el PM2,5, es decir, casi cuatro (4) veces las emisiones de fuentes móviles. Estas cifras son preocupantes, puesto que las MMFR son 117.403 máquinas (si se considera las maquinarias de Aduanas más las estimadas anteriores al 2000), lo que representa un 2,8% de la flota on-road (el parque de vehículos en ruta es de 4.142.981. Fuente: INE 2013).

En las gráficas siguientes se realiza un análisis comparativo, para establecer el impacto que tienen las maquinarias móviles fuera de ruta en el total de las emisiones, para los contaminantes que tienen mayor impacto en la salud, NOx y PM2,5.



<sup>1</sup> Se consideran solo las emisiones provenientes del tubo de escape de los vehículos y las partidas en frío.



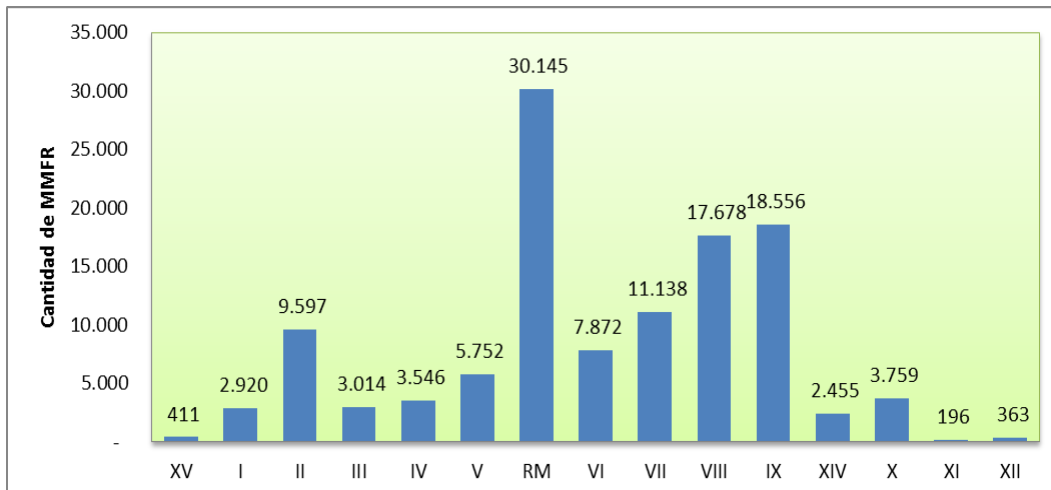
En la figura anterior se observa lo enunciado anteriormente, el material particulado fino proveniente de las MMFR, esta entre 10%-12% del total de emisiones y representa en el caso más la misma cantidad de emisiones que todas las emisiones de las fuentes móviles.

### ASIGNACIÓN MAQUINARIA POR REGIÓN

Para establecer los indicadores más idóneos para asignar la maquinaria, se estudió lo realizado por la EPA en este tema, en relación a Off-Road.

EPA utiliza tres tipos básicos de datos que son potencialmente útiles como factores de asignación: Población humana y sus ingresos asociados, datos de las viviendas, la actividad empresarial, y datos geográficos (Los datos geográficos incluyen factores relacionados con la ubicación de un área o características físicas. Tales factores incluyen agua o superficie de la tierra, datos meteorológicos y datos de uso de la tierra).

Siguiendo esta metodología se buscó indicadores para cada uno de los rubros (Agrícola-forestal, construcción, industrial y minería) y se distribuyó la maquinaria para cada una de las regiones. Los resultados para el año base 2013 es:





## PROYECCIONES

Utilizando la metodología expresada por la EPA, se proyectan las ventas de maquinaria fuera de ruta, a partir de antecedentes históricos. Para realizar esta operación se utilizan las importaciones de los equipos (información obtenida de las bases de datos de Aduanas de los años 2000-2013). Los resultados son los siguientes:

Año importación	Agrícola-Forestal	Construcción	Industrial	Minería
2014	5.364	6.612	1.653	2.191
2015	5.664	7.079	1.770	2.338
2016	5.964	7.546	1.886	2.486
2017	6.264	8.013	2.003	2.634
2018	6.563	8.479	2.120	2.781
2019	6.863	8.946	2.236	2.929
2020	7.163	9.413	2.353	3.077
2021	7.463	9.880	2.470	3.224
2022	7.763	10.346	2.586	3.372
2023	8.062	10.813	2.703	3.520
2024	8.362	11.280	2.820	3.668
2025	8.662	11.747	2.936	3.815

Estas cantidades fueron distribuidas según el peso específico que tiene cada maquinaria en el parque y luego para proyectar las emisiones se utiliza el supuesto que la maquinaria llega con 4 años de retraso tecnológico, para los países EEUU, Japón y Europa. Para los demás países esta llega con la normativa del país en el año que fue fabricada la maquinaria. Este escenario es denominado **línea base**.

Para desarrollar los escenarios de regulación se realizó una reunión con la contraparte técnica del estudio. Concluyendo que las normativas de aplicarían en dos fases, las cuales son detalladas a continuación:

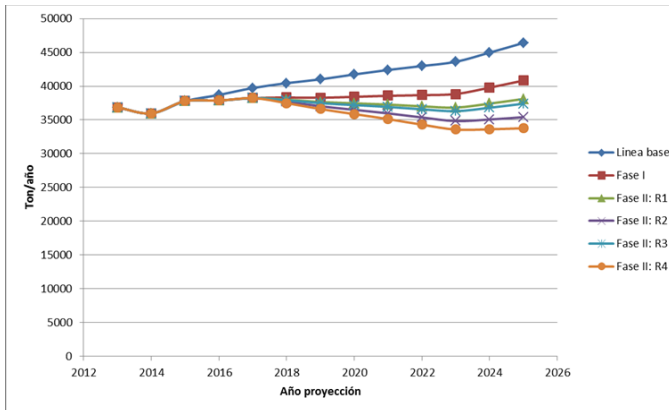
**Fase I:** Normativa Stage IIIA entra en vigencia el año 2016 para toda la maquinaria fuera de ruta independiente del rubro y rango de potencia.

**Fase II:** La fase II consta de 4 escenarios de regulación, en los cuales entra en vigencia Stage IIIB.

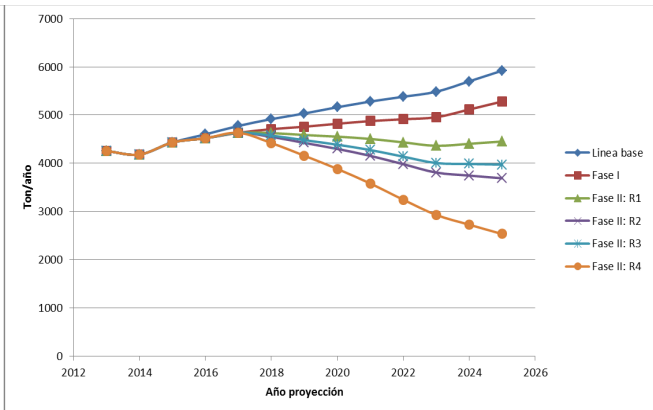
1. En el año 2018 sólo para la maquinaria de construcción con potencias entre  $75 \leq \text{kW} < 560$ .
2. En el año 2018 para toda maquinaria con potencias entre  $75 \leq \text{kW} < 560$ .
3. En el año 2018 sólo para la maquinaria de construcción con potencias entre  $56 \leq \text{kW} < 560$ .
4. En el año 2018 para toda maquinaria con potencias con potencias entre  $56 \leq \text{kW} < 560$ .

Los resultados que se presentan a continuación son en el caso pesimista, es decir, considerando la flota de Aduanas más la estimación de máquinas anterior al 2000.

Proyección emisiones NOx 2014-2023

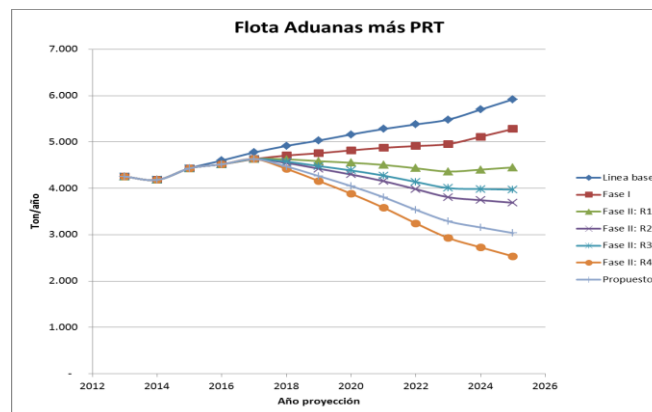


Proyección emisiones Mp2,5 2014-2023



De lo anterior se observa que se obtiene una reducción de emisiones del 57,2% respecto de la línea base al año 2025, con el escenario 4 (cuatro) de la fase II en el material particulado. Sin embargo se reducen sólo en un 27,2% para el NOx. Es de esperar que ocurra esto, pues la normativa Stage IIIB, va enfoca a implementar sistemas de post-tratamiento de emisiones (filtros de partículas), para abatir el MP.

De lo anterior este consultor propone que para el año 2018 se implemente a lo menos el escenario 2, el cual implementa la normativa Stage IIIB a toda la maquinaria fuera de ruta con potencia mayor a 75 kW y menor a 560 kW. Un escenario alternativo que propone este consultor, es aplicar en el año 2018 la norma Stage IIIB a todas las maquinarias con potencias mayores a 56 kW y menor a 560 kW a excepción de los equipos utilizados en el rubro agrícola-forestal, a los cuales sólo se les aplicara la normativa de la Fase I, esta diferencia se hace ya que de acuerdo a la experiencia de legislaciones internacionales, este sector ha contado con excepciones o retrasos en la implementación de estas regulaciones. Este nuevo supuesto se denominara “**propuesto**”, para ver el efecto que tiene este se proyectara y comparara respecto a la línea base, como se muestra:



Se observa que con este nuevo supuesto, se obtiene una reducción de emisiones del 48,7% respecto a la línea y no se interviene demasiado el rubro agrícola. Además este consultor propone que para el año 2020 entre en vigencia Stage IV, a lo menos para las maquinarias mayores a 75kW pertenecientes al rubro de la construcción en la RM, para regular las emisiones NOx, pues este es precursor de diferentes contaminantes secundarios,

como material particulado secundario y ozono, componentes típicos en la formación de smog de la Región metropolitana. Además de las reacciones atmosféricas que interviene (OH, O3 NO, etc.).

### COSTOS INCREMENTALES AL IMPLEMENTAR NUEVAS NORMATIVAS

Conforme los estudios de la EPA, los costos que consideran los fabricantes para cambios tecnológicos corresponden a las modificaciones sobre el motor primeramente, y luego a las modificaciones sobre la MMFR, estos costos se pueden clasificar a su vez en costos variables y los costos fijos.

Para la estimación de los costos en Chile se han considerado una serie de supuestos como por ejemplo, que los costos fijos en que han incurrido los fabricantes ya han sido amortizados en el periodo de tiempo transcurrido antes de comercializar en Chile de las nuevas tecnologías de control de emisiones (4 años). Por lo tanto no se consideran los costos fijos en el cálculo.

Los costos que se presentan a continuación representan los costos incrementales de los cambios desde el paso tecnológico inmediatamente anterior.

Estándar de Emisión	Item de Costo	Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS) USD 2014				
		0 - 37	37 - 75	75 - 130	130 - 450	450 - 560
Tier 1/Stage 1	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)	448				
	<b>Costos Totales Motor</b>					
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>				
Tier 2/Stage 2	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)	448	92			
	Control Electrónico			691	741	245
	Mejoras en la Inyección	135		146	174	265
	EGR		76			
	Costos Operacionales EGR (VNA)		303			
	Turbocargador		231	210		
	Actualización Aftercooler para AA			85	240	1.426
	Costos Operacionales Aftercooler AA (VNA)			- 679	- 1.212	- 8.220
	Recirculación gases del carter	30				
	<b>Costos Totales Motor</b>	<b>165</b>	<b>307</b>	<b>1.131</b>	<b>1.154</b>	<b>1.936</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>	<b>395</b>	<b>- 679</b>	<b>- 1.212</b>	<b>- 8.220</b>
Tier 3/Stage 3	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)		538			
	Control Electrónico		459	231	197	
	Mejoras en la Inyección			177	198	128
	EGR		34	194	214	316
	Costos Operacionales EGR (VNA)		270	305	343	593
	Actualización Aftercooler para AA			101	240	1.607
	Costos Operacionales Aftercooler AA (VNA)			- 815	- 1.212	- 9.247
	Nuevo Aftercooler AA			428	868	
	Costos Operacionales Nuevo Aftercooler AA (VNA)			- 2.444	- 2.909	
	<b>Costos Totales Motor</b>		<b>493</b>	<b>1.132</b>	<b>1.717</b>	<b>2.050</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>		<b>808</b>	<b>- 2.955</b>	<b>- 3.779</b>	<b>- 8.654</b>

		Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS) USD 2014						
		19 - 37	37 - 56	56 -75	75 - 130	130 - 225	225 - 450	450 - 560
Tier 4 Inter/Stage 3B	Costos Variables DPF	374	425	3.045	3.695	4.128	5.432	10.280
	Costos Operacionales DPF			1.030	1.430	1.978	1.978	7.527

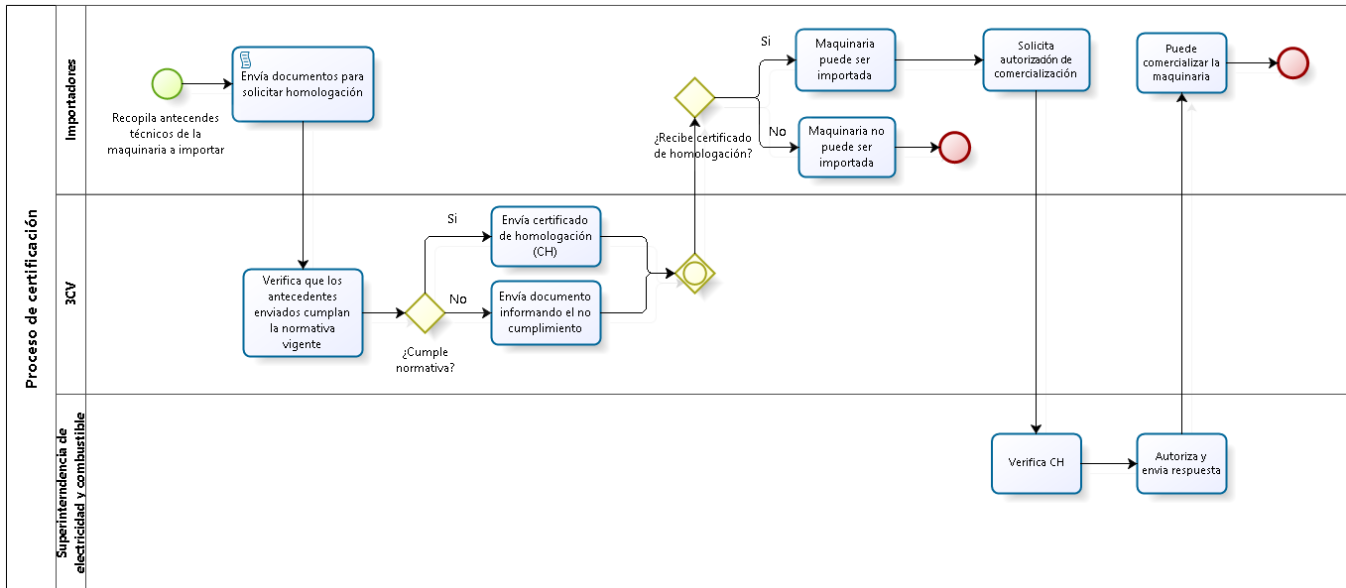
Los costos operacionales negativos se explican por ahorros en el consumo de combustible o de menores costos de mantención de la tecnología.

Como el motor no es el único que sufre cambios para cumplir los nuevos estándares, la tabla siguiente muestra los costos incrementales por modificaciones en las maquinarias móviles fuera de ruta más los costos del motor.

Estándar de Emisión	Equipment modification	Costo unitario incremental (actualizados al USD 2014)						
		19-37	0-37	37-75	75-130	130-225	225-450	450-560
Tier 1 / Stage I	Cambios equipo	36	36	-	-	-	-	-
	Cambios motor	0	-	-	-	-	-	-
	<b>Total Cambios</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	-	-	-	-	-
	<b>Costos operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>	<b>448</b>	-	-	-	-	-
Tier 2 / Stage II	Cambios equipo	13	13	54	76	103	103	156
	Cambios motor	165	165	307	1.131	1.154	1.154	1.936
	<b>Total Cambios</b>	<b>165</b>	<b>165</b>	<b>307</b>	<b>1.207</b>	<b>1.257</b>	<b>1.257</b>	<b>2.093</b>
	<b>Costos operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>	<b>448</b>	<b>395</b>	<b>- 679</b>	<b>- 1.212</b>	<b>- 1.212</b>	<b>- 8.220</b>
Tier 3 / Stage IIIA	Cambios equipo	0	-	18	27	36	36	54
	Cambios motor	0	-	493	1.132	1.717	1.717	2.050
	<b>Total Cambios</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>511</b>	<b>1.159</b>	<b>1.753</b>	<b>1.753</b>	<b>2.104</b>
	<b>Costos operacionales (VNA)</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>508</b>	<b>- 2.955</b>	<b>- 3.779</b>	<b>- 3.779</b>	<b>- 8.654</b>
Tier 4 interim / Stage IIIB	Materiales Adicionales		83	83	83	83	165	165
	Costo mano de obra			32	32	49	99	99
	Total Cambios equipo		83	115	115	131	264	264
	Cambios motor	374	425	3.045	3.695	4.128	5.432	10.280
	<b>Total Cambios</b>	<b>374</b>	<b>507</b>	<b>3.160</b>	<b>3.811</b>	<b>4.259</b>	<b>5.696</b>	<b>10.544</b>
	<b>Costos operacionales (VNA)</b>			<b>1.030</b>	<b>1.430</b>	<b>1.978</b>	<b>1.978</b>	<b>7.527</b>

## FISCALIZACIÓN

Para llevar a cabo la fiscalización este consultor ha propuesto el siguiente flujo respecto al proceso de certificación y comercialización de las maquinarias móviles fuera de ruta:



1° El fabricante, distribuidor o importador de maquinaria fuera de ruta deberá adquirir maquinaria que cumpla con los estándares de emisión exigidos. Ello se debe reflejar en la documentación relacionada a la maquinaria acompañada por el fabricante.

2° El fabricante, distribuidor o importador deberá acudir al 3CV con el objeto que éste certifique que el modelo de maquinaria fuera de ruta cumple con los estándares de emisión exigidos para ser ingresadas y ocupadas en nuestro país.

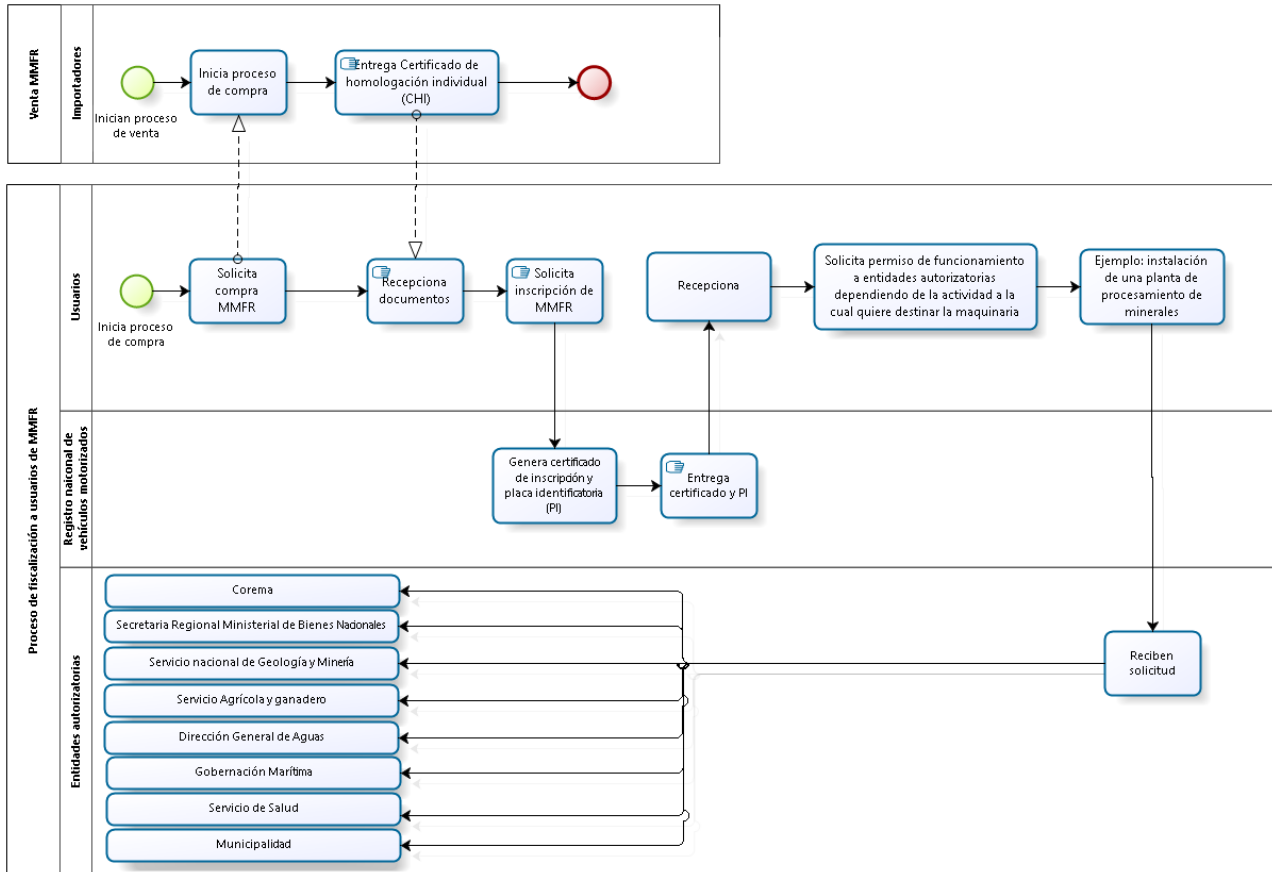
El 3CV entregará un certificado al Fabricante por los modelos Certificados indicando que ésta cumple con los estándares exigidos.

3° Obtenido el certificado de parte del 3CV, más toda la otra documentación que será necesaria, se podrá importar y Aduanas para autorizar dicha importación corroborará la documentación exigida.

Una vez que cuenten con el Certificado de homologación, los fabricantes deberán acudir a la SEC, para que estos den la autorización para que dicha maquinaria pueda ser comercializada.

### Fiscalización post comercialización

El siguiente flujo representa a modo de ejemplo la fiscalización por medio de entidades autorizatorias.



Una vez que el usuario compra un equipo, este deberá solicitar el de funcionamiento correspondiente a la autoridades regionales dependiendo del uso que este quiere realizar con la maquinaria móvil fuera de ruta.

Finalmente se realiza un análisis de costos según marca modelo motor que están entrando al mercado nacional, para ello se realizó una depuración de la base de datos de aduanas y se obtuvo las siguientes cantidades de marca modelo motor entrantes en el año 2012.

Rango potencia	Cantidad MMM Conocidas	Q con MMM conocidas	Q con MMM desconocidas	% conocidas	Prom. Q por MMM conocidas	MMM desconocidas estimadas	Total MMM con estimadas
19 ≤ kW < 37	51	482	267	64%	9	28	79
37 ≤ kW < 56	72	1.363	1.513	47%	19	80	152
56 ≤ kW < 75	104	3.615	1.936	65%	35	56	160
75 ≤ kW < 130	138	2.210	714	76%	16	45	183
130 ≤ kW < 300	139	1.461	1.193	55%	11	114	253
300 ≤ kW < 560	28	273	29	90%	10	3	31

MMM: Marca modelo Motor

Q: Flota de MMFR

Se observa en la tabla anterior que, para el rango  $19 \leq kW < 37$ , para el año 2012, se identificó un total de 51 MMM, que representan un total de 482 MMFR (64%), mientras que otras 267 quedaron sin identificación de MMM. Lo anterior da un promedio de 9 máquinas comercializadas por MMM. Si extrapolamos esta cifra, bajo el supuesto que la flota sin identificación de MMM, tendrá el mismo comportamiento de cantidad de máquinas promedio por MMM, es posible calcular en 28 la cantidad de MMM adicionales que no fueron encontradas (MMM desconocidas estimadas). De esta forma se calcula un total de 79 MMM en el rango, con un promedio de 9 máquinas vendidas por cada MMM. Este cálculo se repite para todos los otros rangos de potencia.

Considerando estas cifras es posible prorratear el costo de la certificación y conformidad en el número de máquinas vendidas por cada modelo, como sigue:

Rango potencia	Costo Certificación	Costo Unitario Promedio con MMM Conocidas	Precio promedio MMFR Agricultura	% (Certif./Precio)	% (Certif./Precio) Por 1 Maq.
19 ≤ kW < 37	1.029.621	114.402	9.485.568	1,21%	10,85%
37 ≤ kW < 56	1.029.621	54.191	15.279.360	0,35%	6,74%
56 ≤ kW < 75	1.029.621	29.418	18.000.384	0,16%	5,72%
75 ≤ kW < 130	1.029.621	64.351	41.488.896	0,16%	2,48%
130 ≤ kW < 300	1.029.621	93.602	46.334.976	0,20%	2,22%
300 ≤ kW < 560	1.029.621	102.962	84.830.208	0,12%	1,21%

Según la tabla anterior, el costo de certificación y conformidad por cada unidad vendida varía entre \$ 29.418 y \$114.402, dependiendo del rango de potencia. Esta cifra se ha comparado con el precio promedio de la MMFR en cada rango de potencia, según los datos de valor de la mercadería en Aduanas, observándose que esta cifra representan un pequeño porcentaje del precio, aún si se amortizara dicho costo con las ventas de un año (para las estimaciones de la EPA el costo de certificación es un costo fijo que se recupera dentro de un plazo de 5 años).

## TABLA DE CONTENIDO

---

RESUMEN EJECUTIVO	i
1. INTRODUCCIÓN	24
2. OBJETIVOS	26
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	27
3.1. DEFINICIÓN DE MAQUINARIA Y MOTOR FUERA DE RUTA	27
3.2. TIPOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS	29
3.3. RANGOS DE POTENCIA NORMADOS	30
3.4. LÍMITE DE EMISIONES CONTAMINANTES	31
3.4.1. EURO	32
3.4.2. EPA	32
3.5. OTRAS NORMAS INTERNACIONALES RELEVANTES	34
3.5.1. CHINA	34
3.5.2. BRASIL	35
3.6. COMPARACIÓN GENERAL DE LA NORMATIVA	35
3.7. TECNOLOGÍA DE MOTORES	36
3.7.1. SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICO LINEAL	37
3.7.2. SISTEMA DE INYECCIÓN LINEAL CON GESTIÓN ELECTRÓNICA	38
3.7.3. SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICO BOMBA ROTATIVA	38
3.7.4. SISTEMA DE INYECCIÓN BOMBA ROTATIVA CON GESTIÓN ELECTRÓNICA	38
3.7.5. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO COMMON RAIL	38
3.7.6. UNIDAD ELECTRÓNICA INYECTOR BOMBA	39
3.7.7. UNIDAD ELECTRÓNICA BOMBA-TUBERÍA-INYECTOR EUP (PLD)	39
3.7.8. CATALIZADORES DE OXIDACIÓN DE DIÉSEL (DOC)	39
3.7.9. FILTRO CATALIZADOR DE PARTÍCULAS DIÉSEL (CDPF)	40
3.8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LA CERTIFICACIÓN	40
4. METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES	42

---



4.1.	METODOLOGÍA EPA	42
4.1.1.	FACTOR DE EMISIÓN EQUIPO NUEVO	44
4.1.2.	FACTOR DE DETERIORO	46
4.1.3.	FACTOR TRANSIENTE AJUSTADO	47
4.1.4.	NIVEL DE ACTIVIDAD, FACTOR DE CARGA	48
4.1.5.	CHATARRIZACIÓN	48
4.2.	METODOLOGÍA EURO	49
4.2.1.	FACTORES DE EMISIÓN MÁQUINA NUEVA	51
4.2.2.	FACTOR DE DETERIORO	52
4.2.3.	FACTOR TRANSIENTE	52
4.2.4.	NIVEL DE ACTIVIDAD Y FACTOR DE CARGA	52
4.2.5.	CHATARRIZACION	53
<b>5.</b>	<b>DEPURACIÓN IMPORTACIONES Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>55</b>
5.1.	DEPURACIÓN BASE DE DATOS ADUANAS	55
5.1.1.	SUPUESTOS Y CRITERIOS	57
5.1.2.	RESULTADOS	61
5.2.	COMPARACIÓN RESULTADOS RESPECTO ESTUDIO 2013	65
5.2.1.	COMPARACIÓN CANTIDADES	66
5.2.2.	COMPARACIÓN MODELOS (EU – EPA)	67
<b>6.</b>	<b>ELABORACIÓN FLOTA AÑO BASE 2013</b>	<b>70</b>
6.1.	RETIRO MAQUINARIA	70
6.2.	ESTIMACIÓN MAQUINARIA ANTERIOR AL AÑO 2000	71
6.2.1.	COMPARACIÓN ANTIGÜEDAD ADUANAS VS PRT	72
6.3.	CANTIDAD FINAL	73
<b>7.</b>	<b>DISEÑO DE ENCUESTAS Y RESULTADOS</b>	<b>75</b>
7.1.	DISEÑO DE ENCUESTAS	75
7.2.	RESULTADOS ENCUESTAS	76
7.2.1.	VIDA MEDIA MOTOR	76
7.2.2.	NIVEL DE TECNOLOGÍA DE LA FLOTA	77

7.2.3.	NIVEL DE ACTIVIDAD	79
7.2.4.	FACTOR DE CARGA	80
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS EMISIONES AÑO BASE 2013</b>	<b>81</b>
8.1.	ASIGNACIÓN GEOGRAFICA	83
8.1.1.	INDICADORES MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN	83
8.1.2.	INDICADORES MAQUINARIA AGRÍCOLA-FORESTAL	85
8.1.3.	INDICADORES MAQUINARIA INDUSTRIAL	86
8.1.4.	INDICADORES MAQUINARIA MINERA	87
8.2.	ESTIMACIÓN DE MAQUINARIAS POR REGIÓN	88
8.3.	ANALISIS RESULTADOS AÑO BASE 2013	91
<b>9.</b>	<b>ELABORACIÓN LINEA BASE</b>	<b>97</b>
9.1.	CRECIMIENTO POBLACIÓN MAQUINARIA FUERA DE RUTA	97
9.2.	RESULTADOS LINEA BASE	100
9.3.	ELABORACIÓN DE ESCENARIOS DE REGULACIÓN	102
<b>10.</b>	<b>COSTOS INCREMENTALES AL IMPLEMENTAR NUEVAS NORMATIVAS</b>	<b>109</b>
10.1.	COSTOS INCREMENTALES PARA LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS	109
<b>11.</b>	<b>FISCALIZACIÓN</b>	<b>114</b>
11.1.	PROPUESTA DE FISCALIZACIÓN	114
11.2.	COSTOS DE LA FISCALIZACIÓN	123
<b>12.</b>	<b>MODELO DE EMISIONES MMFR</b>	<b>128</b>
12.1.	MANUAL DEL ADMINISTRADOR	128
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>136</b>
<b>14.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>138</b>

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Tipología Maquinaria fuera de ruta por rubro .....	139
ANEXO II. Factor transiente metodología EPA.....	140
ANEXO III. Tabla de retiro EPA.....	141
ANEXO IV. Tipologías y definiciones maquinaria fuera de ruta.....	142
ANEXO V. Comparación factor carga, nivel de actividad, factor transiente y factor deterioro .....	147
ANEXO VI. Comparación factores de emisión por contaminante .....	153
ANEXO VII. Maquinaria fuera de ruta anterior al año 2000 según vida útil y año de fabricación .....	159
ANEXO VIII. Cantidad de maquinaria estimada anterior al año 2000 .....	161
ANEXO IX. Comparación antigüedad PRT con flota Aduanas y estimación anterior al año 2000 .....	162
ANEXO X. Encuesta Maquinaria fuera de ruta .....	164
ANEXO XI. Emisiones maquinaria fuera de ruta según región y rubro.....	165
ANEXO XII. Fichas por región, emisiones y proyección.....	169

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparación de emisión de la Maquinaria de la Construcción en la RM, v/s las emisiones de los vehículos en ruta. ....	24
Tabla 3.1 Definiciones de Maquinaria fuera de ruta.....	27
Tabla 3.2 Tipología Maquinaria fuera de ruta.....	30
Tabla 3.3 Tabla comparativa de rangos de potencia para la regulación y los inventarios de motores diésel de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta.....	31
Tabla 3.4 Estándar de emisiones CE y fecha de aplicación para todos los motores comercializados para o en MMFR.....	32
Tabla 3.5 Estándar de emisiones EPA.....	32
Tabla 3.6 Estándar de emisiones China.....	34
Tabla 3.7 Estándar de emisiones Brasil.....	35
Tabla 3.8 Tecnología para diferentes normativas.....	37
Tabla 3.9 Ciclo de secuencia de operación.....	40
Tabla 4.1 Factor de emisión equipo nuevo y consumo de combustible según rango de potencia.....	44
Tabla 4.2 Factor de conversión para componentes de emisiones de hidrocarburos.....	45
Tabla 4.3 Valores del coeficiente A.....	46
Tabla 4.4 Vida media según potencia de motor.....	47
Tabla 4.5 Nivel de actividad, factor de carga.....	48
Tabla 4.6 Factores de emisión Maquinaria fuera de ruta nueva.....	51
Tabla 4.7 Factor de deterioro por año.....	52
Tabla 4.8 Factor Transiente.....	52
Tabla 4.9 Nivel de actividad y factor de carga CORINAIR.....	53
Tabla 4.10 Vida útil maquinaria fuera de ruta CORINAIR.....	54
Tabla 5.1 Características determinantes de Combustible.....	56
Tabla 5.2 Potencias máximas y mínimas por rubro.....	59
Tabla 5.3 Participación maquinaria utilizada mayoritariamente en industria.....	60
Tabla 5.4 Porcentaje de participación maquinaria con tres rubros compartidos.....	60
Tabla 5.5 Cantidad de maquinaria fuera de ruta según rangos de potencia y combustible.....	61
Tabla 5.6 Cantidad de maquinaria fuera de ruta por tipología y rubro. 2000-2013.....	63
Tabla 5.7 Comparación cantidades entre los años 2000-2012 con [GEASUR 2013].....	66
Tabla 5.8 Intervalo de diferencias [mín;máx], considerando los valores CORINAIR como referencia.....	68

Tabla 5.9 Intervalo de diferencias del factor de emisión EPA respecto al factor CORINAIR.....	69
Tabla 6.1 Cantidad total de maquinaria importaciones con retiro.....	70
Tabla 6.2 Porcentaje de maquinaria anterior al año 2000, según Año de fabricación y vida útil.....	71
Tabla 6.3 Cantidad de maquinarias estimadas con año de fabricación anterior al 2000.....	72
Tabla 6.4 Cantidad final maquinaria fuera de ruta 1983-2013, para elaboración línea base.....	74
Tabla 7.1 Vida media en horas según información importadores e información internacional.....	77
Tabla 7.2 Resultados años de retraso tecnológico según país de importación.....	78
Tabla 7.3 Nivel de actividad reportada por los importadores de MMFR.....	79
Tabla 7.4 Comparación niveles de actividad EPA con información importadores.....	80
Tabla 7.5 Consumo de combustible según importadores.....	80
Tabla 8.1 Parámetros de modelación modelo MMFR.....	81
Tabla 8.2 Línea base 2013 maquinaria fuera de ruta nivel país sólo flota Aduanas 2000-2013.....	81
Tabla 8.3 Línea base 2013 maquinaria fuera de ruta nivel país Flota Aduanas más PRT.....	82
Tabla 8.4 Gasto en construcción en millones de Dólares. 2013.....	84
Tabla 8.5 Edificación autorizada sector público y privado, en metros cuadrados. 2012.....	85
Tabla 8.6 Superficie Forestada y Reforestada a nivel regional 2013, en hectáreas.....	86
Tabla 8.7 Ocupados sector industrial, por Regiones. En miles de personas. 2013.....	87
Tabla 8.8 Producción de cobre por regiones, 2013 (tmf).....	87
Tabla 8.9 Cantidad Maquinaria (Flota Aduanas más PRT), según tipología y región, Año 2013.....	88
Tabla 8.13 Comparación emisiones Reino Unido.....	94
Tabla 9.1 Cantidad de maquinarias importadas por año y rubro.....	97
Tabla 9.2 Proyección de ventas de maquinarias fuera de ruta, según rubro.....	99
Tabla 9.3 Emisiones línea base en toneladas, años 2013-2023 (flota sólo Aduanas).....	100
Tabla 9.4 Emisiones línea base en toneladas, años 2013-2023 (flota Aduanas más estimación anterior al 2000). .....	101
Tabla 9.5 Reducción de emisiones proyectadas respecto a línea base, total país.....	108
Tabla 10.1 Costo Unitario Incremental de los motores en dólares 2014 según rango de potencia, para.....	111
Tabla 10.2 Costo Unitario Incremental de los motores en dólares 2014 según rango de potencia, para.....	112
Tabla 10.3 Costo Unitario Incremental de los equipamientos en MMFR en dólares según rango de potencia para Tier 4 iINTERIM/Stage 3B.....	112
Tabla 10.4 Costo Unitario Incremental de los equipamientos en MMFR en dólares según rango de potencia para Tier 4 iINTERIM/Stage 3B.....	113
Tabla 11.1 Costo homologación.....	125
Tabla 11.2 Cantidad estimada de Marca-Modelo-Motor.....	126

Tabla 11.3 Costos de certificación .....126

## INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Diagrama de flujo, para selección de maquinaria fuera de ruta .....	28
Figura 3.2 Comparación límites EPA v/s EURO.....	33
Figura 3.3 Comparación general normativas internacionales.....	36
Figura 3.4 Esquema de una bomba mecánica en línea de 6 cilindros.....	37
Figura 3.5 Bomba inyectora EUI .....	39
Figura 4.1 Curva de chatarrización .....	49
Figura 4.2 Diagrama de flujo modelo de emisiones Corinair .....	50
Figura 5.1 Comparación Corinair y Aduanas, Construcción .....	58
Figura 5.2 Participación cantidad de maquinaria según combustible.....	59
Figura 5.3 Distribución cantidad de maquinaria importada según rango de potencia. Diésel. ....	62
Figura 5.4 Distribución cantidad de maquinaria según rango de potencia. Diésel .....	64
Figura 5.5 Origen correspondiente al 80% de la maquinaria importada entre 2000 y 2013.....	64
Figura 5.6 Importadores correspondientes al 50% de la maquinaria importada entre 2000 y 2013. ....	65
Figura 5.7 Comparación modelos, considerando el mismo factor de emisión (Corinair) .....	67
Figura 5.8 Comparación Factores de emisión, modelando con metodología EPA.....	68
Figura 5.9 Comparación factores de emisión EPA/EURO, para diferentes rangos de potencia. ....	69
Figura 6.1 Comparación Antigüedades PRT más flota estimada.....	73
Figura 7.1 Participación países, según procedencia en flota aduanas 2000-2013.....	78
Figura 8.1 Emisiones total país por rubro y rango de potencia.....	82
Figura 8.2 Porcentaje de participación según rubro de NOx y MP2,5, nivel país .....	83
Figura 8.3 Emisiones de material particulado fino según rubro y región, año base 2013, Flota Aduanas más PRT. ....	89
Figura 8.4 Emisiones de NOx según rubro y región. año base 2013, Flota Aduanas más PRT.....	90
Figura 9.1 Cantidad de maquinaria según rubro y año de importación. Con regresión lineal.....	98
Figura 9.2 Cantidad de maquinaria según rubro y año de importación. Con regresión lineal Ajustada. ....	99
Figura 9.3 Emisiones proyectadas 2013-2023.....	101
Figura 9.4 Proyección de emisiones de MP2,5 2013-2023, total país (flota sólo Aduanas) .....	103
Figura 9.5 Proyección de emisiones de NOx 2013-2023, total país, (flota sólo Aduanas). ....	104
Figura 9.6 Proyección de emisiones de MP2,5 2013-2023, total país (flota Aduanas más estimación PRT).....	105
Figura 9.7 Proyección de emisiones de NOx 2013-2023, total país (flota Aduanas más estimación PRT) .....	106
Figura 9.8 Proyección de emisiones de MP2,5 2014-2023, con escenario 5 total país. ....	107

Figura 11.1 Flujo proceso de certificación y proceso de comercialización de MMFR.....	118
Figura 11.2 Flujo proceso de fiscalización post-venta de MMFR .....	120
Figura 12.1 Pantalla de ingreso aplicación MMFR .....	129
Figura 12.2 Cuadro de ingreso al sistema modelo MMFR.....	129
Figura 12.3 Pantalla de inicio al ingresar al modelo MMFR .....	130
Figura 12.4 Maestros sistemas .....	131
Figura 12.5 Maestros mantenedor de rubros .....	132
Figura 12.6 Exportación de datos a través del modelo MMFR .....	133
Figura 12.7 Ejemplo de exportación de datos del modelo.....	134
Figura 12.8 Ejemplo de importación de datos al modelo .....	135



## ACRONIMOS

- BBDD: Bases de Datos
- BSFC: Consumo específico de combustible al freno.
- CARB: Junta de Recursos del Aire de California
- CCR: Código de Regulaciones de California
- CFR: Código de Regulaciones Federales
- CO: Monóxido de carbono.
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.
- DF: Factor de degradación
- DI: Inyección directa.
- DOC: Oxidación catalítica Diésel.
- DPF: Filtro de Partículas Diésel.
- EEUU: Estados Unidos de América
- EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente
- EUI: Unidad de Inyección Electrónica.
- HC: Hidrocarburos.
- HPI: inyección de alta compresión.
- ISO: Organización Internacional de Estandarización.
- MMFR: Maquinaria móvil Fuera de Ruta.
- MP: Material Particulado.
- MP10: Material particulado 10 micrones.
- MP2.5: Material particulado 2,5 micrones.
- NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrógeno.
- NMHC: Hidrocarburos no metano.
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- PPDA: Plan de Prevención de Descontaminación Atmosférica.
- PRT: Plantas de revisión técnica.
- RCA: Resolución de Calificación Ambiental.
- RM: Región Metropolitana.
- SCR: Reducción Catalítica Selectiva.
- SEIA: Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- SO<sub>2</sub>: Dióxido de Azufre.
- UE: Unión Europea.
- USA: Estados Unidos de América

## 1. INTRODUCCIÓN

La maquinaria fuera de ruta, utiliza mayoritariamente motores diésel, por lo que genera emisiones contaminantes, como por ejemplo óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado ultrafino, que producen efectos adversos en la salud, pudiendo impactar en forma directa a los habitantes de los centros urbanos con mayor densidad de población, como es en el caso de la maquinaria de construcción. También se ve afectada la salud de los operadores que utilizan estas maquinarias. En efecto, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), que forma parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha establecido que las emisiones generadas por motores diésel son una de las causas del cáncer de pulmón (datos probatorios suficientes)<sup>2</sup>. Otras publicaciones<sup>3</sup> asocian el Material Particulado (MP) de las emisiones de los motores de combustión interna de los vehículos a enfermedades agudas y crónicas<sup>4</sup>, además de distintos tipos de cáncer como cáncer al pulmón y enfermedades cardiovasculares, por lo que se ha reclasificado como sustancia carcinogénica para los seres humanos (Grupo 1).

Adicionalmente a las partículas provenientes de la flota en ruta de vehículos livianos y pesados de motor diésel, existe una flota principalmente de motores diésel, que no ha sido históricamente considerada en los inventarios de emisiones ni en la regulación de emisiones en Chile. Se trata de la maquinaria fuera de ruta, utilizada en la construcción, la minería, la agricultura, la industria e incluso el comercio. Durante el año 2013 el estudio “Elaboración de Diagnóstico e Inventario de Emisión para Maquinaria Fuera de Ruta”<sup>5</sup>, realizó una estimación de las emisiones del parque de la maquinaria fuera de ruta asociada al rubro de la construcción para la Región Metropolitana, el que corresponde a un parque de **20.686** vehículos.

**Tabla 1.1 Comparación de emisión de la Maquinaria de la Construcción en la RM, v/s las emisiones de los vehículos en ruta.**

Contaminante	Maquinaria construcción RM <sup>(1)</sup>		Fuentes móviles en ruta RM2010 <sup>(2)</sup>
	Escenario Optimista	Escenario pesimista	
CO [ton/año]	5423	6254	4774
VOC [ton/año]	1002	1269	2110
NOX [ton/año]	5244	6849	15917
PM 10 [ton/año]	568	793	819
PM 2,5 [ton/año]	534	745	745

Fuente: <sup>(1)</sup>: [GEASUR 2013] <sup>(2)</sup>: [MODEM 2010]

<sup>2</sup> [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6903&Itemid=1926](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6903&Itemid=1926) IARC: “DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC”, PRESS RELEASE, N° 213, 12 Junio 2012.

<sup>3</sup> “Impact of highway traffic on respiratory health in adults”, Hazenkamp, Künzli et al - Swiss Tropical and Public Health Institute, TPH Environmental Health 10/2011.

<sup>4</sup> Los motores Diésel sin filtro de partículas son los mayores emisores de MP primario.

<sup>5</sup> [Geasur 2013]

Se observa en el cuadro anterior que el parque de maquinaria construcción de la Región Metropolitana presenta emisiones de contaminantes atmosféricos comparables a todo el resto del parque de vehículos en ruta de dicha Región, destacando las altas emisiones de CO, de VOC y de PM y PM 2,5.

Ante la relevancia de esta categoría de fuentes emisoras en el problema de la contaminación atmosférica el Ministerio de Medio Ambiente ha encargado el presente estudio, destinado caracterizar las emisiones de toda la maquinaria fuera de ruta del País y a entregar los antecedentes necesarios para definir una normativa aplicada específicamente a este tipo de maquinaria, puesto que en la actualidad no existe ninguna regulación para esta categoría vehicular.

## 2. OBJETIVOS

### General

- Recopilación y elaboración de información de carácter técnica y económica que sirva como antecedente para la toma de decisión respecto de opciones e implicancias de una futura norma de entrada a nivel nacional para maquinaria fuera de ruta.
- Evaluación de las implicancias de la implementación de una futura norma, considerando impacto en emisiones, definición del proceso fiscalización y actores relevantes en el proceso de fiscalización, y otros si se identificasen.

### Específicos

- Evaluar una propuesta tecnológica para la aplicación de una futura normativa considerando tipología de equipos existentes y aquellos factibles, técnica y económicamente de estar disponibles en el mercado nacional, considerando además características de emisión.
- Elaborar una proyección de línea base del parque de maquinaria fuera de ruta a nivel nacional que considere características de tamaño de motor, rubro específico de la maquinaria y las normas de emisión de esta.
- Evaluar los costos asociados a la implementación de un anteproyecto de norma a nivel de fabricantes y compradores de la tecnología, considerando costos incrementales y otros si se identificasen.
- Apoyar la definición de valores y de gradualidad de una futura regulación a través del estudio de su impacto ambiental y técnico. Elaborar una proyección de escenario con norma de emisión y comparar resultados con respecto a la línea base.
- Identificar el procedimiento de fiscalización de la normativa identificando etapas y actores relevantes, además de los costos de homologación y otros si se identificasen, considerando la cantidad de motores y vehículos a fiscalizar según los escenarios propuestos. Proponer un sistema de registro de la maquinaria que sea coherente con la legislación existente.

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. DEFINICIÓN DE MAQUINARIA Y MOTOR FUERA DE RUTA

El primer aspecto a resolver en el estudio de la Maquinaria Móvil Fuera de Ruta (MMFR), es su definición. Para tal efecto se ha indagado en la principal legislación mundial y la definición de base del PPDA. A continuación se entregan las definiciones de maquinaria fuera de ruta de la bibliografía revisada:

**Tabla 3.1 Definiciones de Maquinaria fuera de ruta**

ORIGEN	DEFINICION DE OFF-ROAD
EPA	La definición de la EPA apunta primero al motor fuera de ruta y está basada en el principio de la movilidad/portabilidad. Incluye motores instalados en (1) equipos autopropulsados, (2) en equipos que son impulsados mientras están funcionando, o (3) en el equipo que es portátil o transportable, como se indica por la presencia de ruedas, patines, asas de transporte, carro, remolque o plataforma. En otras palabras, los motores fuera de carretera son todos los motores de combustión interna, excepto de vehículos de carretera, motores estacionarios (o motores que permanecen en un mismo lugar por más de 12 meses), los motores utilizados exclusivamente para la competición o motores utilizados en los aviones, motores utilizados en barcos, en minas subterráneas o motores de entretenimiento (<50cc).
CALIFORNIA	Se considera un vehículo off-road, a cualquier dispositivo no estacionario, impulsado por un motor de combustión interna o motor eléctrico, usado principalmente fuera de carretera, para impulsar, mover o trasladar personas o bienes incluyendo cualquier dispositivo impulsado, movido o trasladado exclusivamente por energía humana, y se utiliza pero no está limitado a las siguientes aplicaciones: buques marinos, equipos de construcción / Granja, locomotoras, motores de Utilidad y Equipos de jardín, Motos todo terreno y vehículos fuera de carretera.
EUROPEA	Cualquier máquina móvil (apta para desplazarse o ser desplazada sobre el suelo, con o sin carretera), equipo industrial portátil o vehículo con o sin carrocería, no destinado al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, en el que esté instalado un motor de combustión interna (de encendido por compresión con potencia neta entre 19 y 560 kW; o un motor de gasolina de encendido por chispa, con potencia neta no superior a 19 kW). La definición incluye a las locomotoras y en general elementos autopropulsados de equipos ferroviarios y excluye a los barcos, aeronaves y vehículos de recreación.
PPDA (RM)	Cualquier máquina móvil o equipo industrial portátil, apta para desplazarse sobre el suelo, sea o no de carretera y que funciona en base a motores de combustión interna, no destinada al transporte de pasajeros o carga.

Conforme consensado con la contraparte técnica del estudio se estableció la siguiente definición, proveniente de la legislación europea<sup>6</sup>, para la maquinaria fuera de ruta y que es más próxima a la definición original entregada por el PPDA:

“Cualquier máquina móvil, equipo industrial portátil o vehículo con o sin carrocería, no destinados al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, aptos para desplazarse sobre el suelo, con o sin carrocería y que

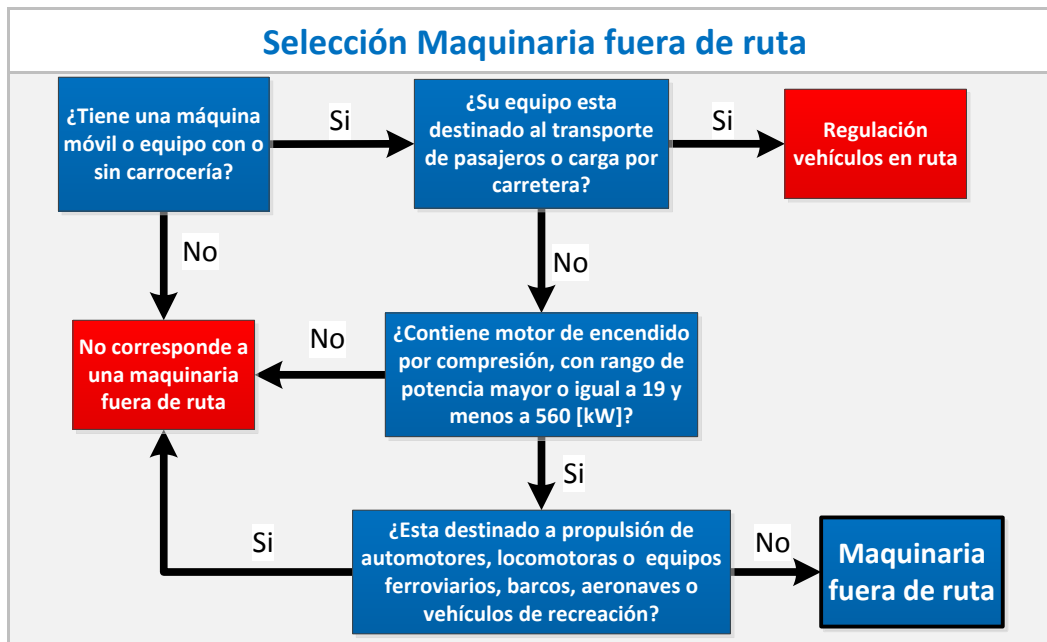
<sup>6</sup> Directiva 68/97, artículo 2.

funciona en base a motores de combustión interna, de encendido por compresión, con una potencia neta instalada, igual o superior a 19 kW pero inferior a 560 kW.

Se excluyen los motores destinados a la propulsión de automotores, locomotoras u otros elementos y equipos ferroviarios que se desplacen sobre rieles, barcos, aeronaves y vehículos de recreación.”

A partir de la definición anterior, se ha creado un diagrama de flujo para que los propietarios de vehículos puedan discernir si su maquinaria se le aplica la norma de vehículo fuera de ruta.

Figura 3.1 Diagrama de flujo, para selección de maquinaria fuera de ruta



Fuente: Elaboración propia

La definición propuesta tiene las siguientes implicancias:

- Lo que se regula más precisamente es la **Maquinaria Móvil Fuera de Ruta (o no de carretera)**.
- Respecto de la legislación Europea de referencia, para la definición propuesta se excluyen los motores a gasolina menores a 19 kW, dada la enorme diversidad de aplicaciones de menor relevancia, tales como pequeños equipos de hogar, cuya fiscalización puede resultar engorrosa y de menor impacto en una primera implementación de regulación para motores fuera de ruta.
- Se excluyen los motores que aplican maquinaria sobre rieles dado que no corresponde a nuestro juicio al alcance de la definición inicial del PPDA ni tampoco del estudio.
- En esta definición no se excluyen explícitamente los grupos electrógenos portátiles que se utilizan por ejemplo en la construcción. Su exclusión explícita es una decisión deberá ser una decisión de la contraparte sobre la base de la regulación ad hoc que se prevé en esta categoría.
- Por último, respecto del cumplimiento de normas de emisión, la regulación se aplica a todos **los motores que se instalen en máquinas fuera de ruta**<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Directiva 68/97, Anexo 1, 1.Ámbito de Aplicación.

La primera legislación europea para regular las emisiones de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta data de 1997: Stage I que se implementó en 1999 y Stage II que entró en vigor desde el 2001 al 2004, dependiendo de la potencia del motor. Los tractores agrícolas y forestales tuvieron iguales estándares pero diferentes fechas de aplicación. En Diciembre de 2001 se incluyó a los motores pequeños ( $\leq 19$  kW).

Con Stage III/IV en el 2004 y 2005 se definieron nuevos estándares y se incluyeron los motores de giro constante, los motores de locomotoras de ferrocarril y para uso marítimo en buques de navegación interior.

La legislación aplica siempre en dos etapas: la primera fecha de entrada en vigencia es para los nuevos modelos de motores (modelos no homologados) que estén instalados en maquinaria móvil fuera de ruta y la segunda fecha de entrada en vigencia es para todos los motores que se comercializan, instalados en la maquinaria móvil fuera de ruta. Para Stage III/IV se exceptúan los motores de sustitución que se utilizan en la maquinaria en uso los que deben cumplir con los valores límite aplicable al motor a sustituir cuando se vendió nuevo.

La Comisión Europea ha estado trabajando en una nueva etapa de las normas de emisiones (Stage V) que potencialmente podría incluir los siguientes componentes:

- Incluir motores diésel por debajo de 19 kW y por sobre 560 kW y motores encendidos por chispa por sobre 19 kW.
- Incluir motores estacionarios y límites más estrictos para motores de velocidad constante y motores entre 19-37 kW.
- Incluir límite para número de partículas.

---

## 3.2. TIPOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

---

Para caracterizar la tipología y las principales dimensiones de la caracterización de la maquinaria y vehículos fuera de ruta se revisó el modelo de inventario de emisiones de la Comunidad Europea, denominado CORINAIR, específicamente el capítulo 1.4.a “Non-road mobile sources and machinery”. Para complementar el estudio se revisó además el documento “User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model” de la [EPA 2005]. A partir de ambos documentos se observó que sus definiciones de las distintas tipologías son similares. A partir de estos documentos, y de la definición de referencia establecida en 3.1., se elaboró la tipología de maquinaria fuera de ruta utilizada para la clasificación de la estadística y la definición del inventario de emisiones.

Por consiguiente a lo anterior, a continuación se presenta una tabla que detalla de las clasificaciones de las maquinarias fuera de ruta de acuerdo a su sector de utilización.

**Tabla 3.2 Tipología Maquinaria fuera de ruta**

Categoría	Maquinaria Fuera de Ruta	Imagen
Agrícola	Pulverizadora, Tractor, Cargador, Cultivadores, Desmalezador, Desmenuzadora, Rotovator, Segadora, Sembradora, Cargador, Retroexcavadora.	
Forestal	Forestal, Compactador, Grúas forestales, Procesadores Forestal, Skidder (Tractor Forestal), Talador, Transportador Troncos, Cargador, Retroexcavadora.	
Minería	Excavadora, Máquinas de carga, acarreo y descarga (LHD) para minería subterránea, Motoniveladora, Pala mecánicas, Traíllas, Cargador, Retroexcavadora, Compactador	
Construcción	Excavadora, Motoniveladora, Bulldozer, Grúas Horquillas, Manipulador, Minicargador, Pavimentadora, Grúa telescópica, Tiendetubos.	

Fuente: Elaboración propia, a partir de [CORINAIR 2013]

Para más detalle de la tipología ver (**ANEXO I**).

### 3.3. RANGOS DE POTENCIA NORMADOS

Tanto la EPA como la Unión Europea tienen sus propias normas de emisión, que si bien en general se homologan en los rangos de potencia para los cuales definen sus distintos límites, siguen teniendo algunas diferencias.



En la tabla que se presenta a continuación, se muestra una comparación de los rangos de potencia que utiliza cada una de estas normas para clasificar y regular los motores según su potencia, y los rangos utilizados para la clasificación del inventario. Para el caso de Chile se escoge la categorización más detallada (EPA), ya que contiene a la europea y permite definir ambas exigencias como opcionales para el importador.

**Tabla 3.3 Tabla comparativa de rangos de potencia para la regulación y los inventarios de motores diésel de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta.**

EPA		UNIÓN EUROPEA		CHILE	
Rangos de Potencia Regulación	Rangos de potencia Inventario	Rangos de Potencia Regulación	Rangos de Potencia Inventario	Rangos de Potencia Regulación	Rangos de Potencia Inventario
kW < 8	kW < 8	No Aplica <sup>1</sup>	No Aplica <sup>1</sup>	No Aplica	No Aplica
8 ≤ kW < 19	8 ≤ kW < 19				
19 ≤ kW < 37	19 ≤ kW < 37	19 ≤ kW < 37	19 ≤ kW < 37	19 ≤ kW < 37	Depende de los factores de emisión escogidos
37 ≤ kW < 56	37 ≤ kW < 56	37 ≤ kW < 56	37 ≤ kW < 56	37 ≤ kW < 56	
56 ≤ kW < 75	56 ≤ kW < 75	56 ≤ kW < 75	56 ≤ kW < 75	56 ≤ kW < 75	
75 ≤ kW < 130	75 ≤ kW < 130	75 ≤ kW < 130	75 ≤ kW < 130	75 ≤ kW < 130	
130 ≤ kW < 225	130 ≤ kW < 225	130 ≤ kW < 560	130 ≤ kW < 300	130 ≤ kW < 225	
225 ≤ kW < 450	225 ≤ kW < 450		225 ≤ kW < 450		
450 ≤ kW < 560	450 ≤ kW < 560		300 ≤ kW < 560	450 ≤ kW < 560	
560 ≤ kW < 900	560 ≤ kW < 900	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
kW ≥ 900	kW ≥ 900				

Nota 1: Aplica sólo para motores encendidos por chispa (gasolina).

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la definición del inventario de maquinaria móvil fuera de ruta (MMFR), para el estudio, se cuenta con ambas clasificaciones (EPA y UE)

### 3.4. LÍMITE DE EMISIONES CONTAMINANTES

A continuación se presentan los valores límite de emisiones de cada una de las legislaciones internacionales analizadas:

### 3.4.1. EURO

**Tabla 3.4 Estándar de emisiones CE y fecha de aplicación para todos los motores comercializados para o en MMFR.**

EU : Estándar de emisiones de los motores de encendido por compresión (CO/HC/NOx/PM en g/kW-hr)																					
Potencia Neta	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016+			
19 ≤ Kw < 37				5,5 / 1,5 / 8,0 / 0,8 <sup>a</sup>					5,5 / 7,5 / 0,6 <sup>b</sup>												
37 ≤ Kw < 56				6,5 / 1,3 / 9,2 / 0,85			5,0 / 1,3 / 7,0 / 0,4			5,0 / 4,7 / 0,4 <sup>b</sup>					5,0 / 4,7 / 0,025 <sup>b</sup>						
56 ≤ Kw < 75	01 Abril			6,5 / 1,3 / 9,2 / 0,85			5,0 / 1,3 / 7,0 / 0,4			5,0 / 4,7 / 0,4 <sup>b</sup>					5,0 / 4,7 / 0,025 <sup>b</sup>						
75 ≤ Kw < 130				5,0 / 1,3 / 9,2 / 0,7			01 Julio			5,0 / 1,0 / 6,0 / 0,3			5,0 / 4,0 / 0,3 <sup>b</sup>					5,0 / 0,19 / 3,3 / 0,025		5,0 / 0,19 / 0,4 / 0,025	
130 ≤ Kw < 560				5,0 / 1,3 / 9,2 / 0,54			01 Julio			3,5 / 1,0 / 6,0 / 0,2			3,5 / 4,0 / 0,2 <sup>b</sup>					3,5 / 0,19 / 2,0 / 0,025		3,5 / 0,19 / 0,4 / 0,025	

a: Entre los años 2002 - 2006 la Stage II aplica a los motores en un intervalo de 18 ≤ kW < 75  
 b: Los estándares están dados: CO / HC+NOx / PM en g/kW-hr

Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV
---------	----------	------------	------------	----------

Fuente: Elaboración propia, a partir de [Directiva 97/68/CE], publicada 10/01/2013

### 3.4.2. EPA

**Tabla 3.5 Estándar de emisiones EPA**

EPA : Estándar de emisiones de los motores de encendido por compresión (CO/NMHC+NOx/PM en g/kW-hr)																		
Potencia Neta	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015+		
Kw < 8	8,0 / 10,5 / 1,0				8,0 / 7,5 / 0,8			8,0 / 7,5 / 0,4										
8 ≤ Kw < 19	6,6 / 9,5 / 0,8				6,6 / 7,5 / 0,8			6,6 / 7,5 / 0,4										
19 ≤ Kw < 37	5,5 / 9,5 / 0,8				5,5 / 7,5 / 0,6			5,5 / 7,5 / 0,3					5,5 / 4,7 / 0,03					
37 ≤ Kw < 56					5,0 / 7,5 / 0,4			5,0 / 4,7 / 0,3 <sup>b</sup>					5,0 / 4,7 / 0,03					
56 ≤ Kw < 75	- / - / 9,2 / - <sup>a</sup>				5,0 / 7,5 / 0,4			5,0 / 4,7 / 0,4					5,0 / 4,7 / 0,02		5,0 / 0,19 / 0,4 / 0,02 <sup>a</sup>			
75 ≤ Kw < 130					5,0 / 6,6 / 0,3			5,0 / 4,0 / 0,3					5,0 / 4,0 / 0,02		5,0 / 0,19 / 0,4 / 0,02 <sup>a</sup>			
130 ≤ Kw < 225					3,5 / 6,6 / 0,2			3,5 / 4,0 / 0,2					3,5 / 4,0 / 0,02		3,5 / 0,19 / 0,4 / 0,02 <sup>a</sup>			
225 ≤ Kw < 450					3,5 / 6,4 / 0,2			3,5 / 4,0 / 0,2					3,5 / 4,0 / 0,02		3,5 / 0,19 / 0,4 / 0,02 <sup>a</sup>			
450 ≤ Kw < 560					3,5 / 6,4 / 0,2			3,5 / 4,0 / 0,2					3,5 / 4,0 / 0,02		3,5 / 0,19 / 0,4 / 0,02 <sup>a</sup>			
560 ≤ Kw < 900					11,4 / 1,3 / 9,2 / 0,54 <sup>a</sup>			3,5 / 6,4 / 0,2					3,5 / 0,4 / 3,5 / 0,1 <sup>a</sup>		A			
Kw > 900					11,4 / 1,3 / 9,2 / 0,54 <sup>a</sup>			3,5 / 6,4 / 0,2					3,5 / 0,4 / 3,5 / 0,1 <sup>a</sup>		A			

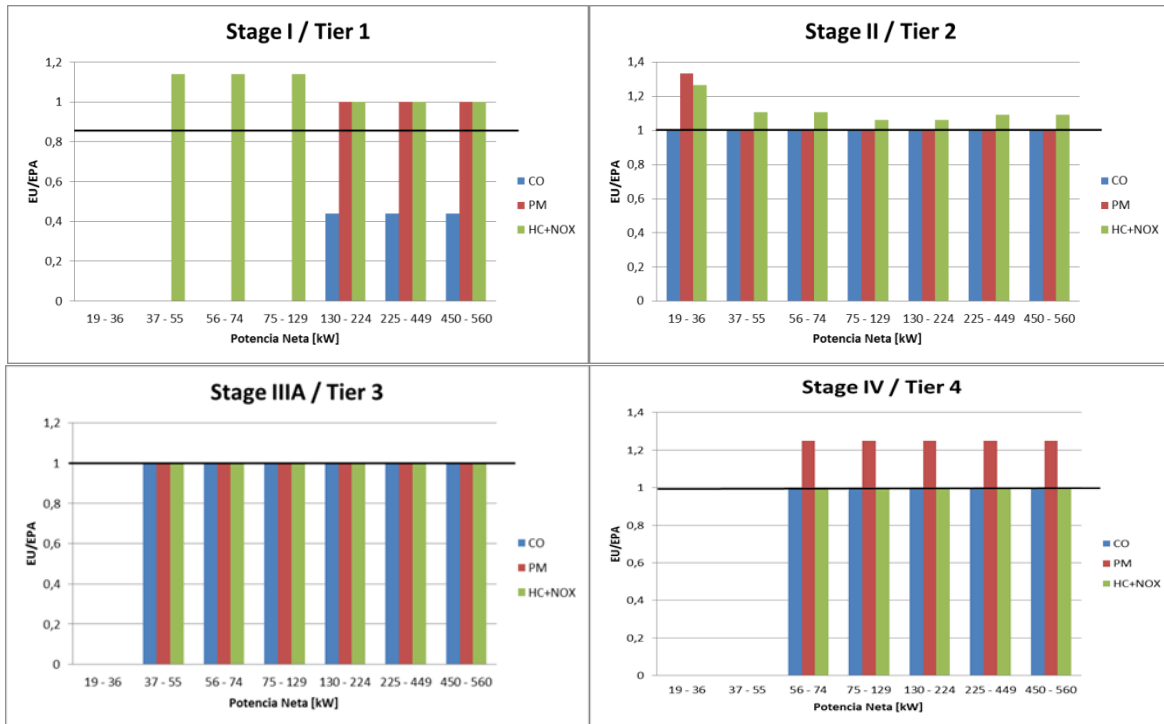
A : 3,5 / 0,19 / 3,5 / 0,04 (NMHC/NOx/PM/CO en g/kW-hr)  
 a : Los estándares están dados: CO/HC/NOx/PM en g/kW-hr en g/kW-hr  
 b : Entre los años 2008-2011 a los fabricantes se les da la opción de cumplir con la norma Tier3 [4,7 / 5,0 / 0,4 (NMHC+NOx/CO/PM en g/kW-hr)]

Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4 Interim / Final
--------	--------	--------	------------------------

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA.GOV]

A continuación se presenta una comparación gráfica entre los estándares UE y EPA (Stage v/s Tier). En dichos gráficos se presenta el valor relativo de la norma UE (Stage) respecto del valor EPA (Tier=1). Cuando no hay comparación (UE/EPA), es porque la norma no lo permite.

Figura 3.2 Comparación límites EPA v/s EURO



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior se aprecia lo siguiente:

Stage I/Tier 1:

- **HC+NOx:** Cerca de un 15% mayor el límite Stage I, en el rango de potencias entre 37 -129 kW.
- **PM:** Cerca de un 30% mayor el límite Stage I, en el rango de potencias entre 130 – 560 kW.
- **CO:** Cerca de un 60% menor el límite Stage I.

Stage II/Tier 2:

- **HC+NOx:** Entre un 5% y un 10% mayor en Stage II, para el rango 37-560 kW. Cerca de un 25% mayor en 19-36 kW.
- **PM:** Mayor sólo en el rango 19-37 kW (30% app.).

Stage IIIA/Tier 3:

- Se observa que para todos los contaminantes se encuentran homologados en ambas normas.

Stage IV/Tier 4:

- MP: Cerca de un 15% mayor el límite de Stage IV en todos los rangos regulados.

En conclusión los estándares resultan similares para el rango normado en ambas estándares, siendo en general la EPA algo más estricta. No obstante, para el rango 19-37 kW, la correspondencia entre Stage y Tier mejora si se considera una equivalencia entre ambas con un desfase de un nivel, es decir, Stage II equivalente a Tier 1, Stage IIIA equivalente Tier 2, teniendo en cuenta que para esta categoría no existen niveles Stage equivalentes para Tier 4 Inerim y Tier 4, que la EPA define para aquellas.

## 3.5. OTRAS NORMAS INTERNACIONALES RELEVANTES

### 3.5.1. CHINA

En China las normas de emisión para los motores de la maquinaria fuera de ruta, fueron adoptadas en el 2007. Esta se basa en la normativa Europea Stage I/II. Sin embargo la regulación en China también cubre los motores diésel pequeños (que no están sujetos a la norma europea). Los límites de emisión para los motores de menor dimensión están sujetos a la normativa de EEUU.

Las fechas de cumplimiento son:

- Stage I : A partir de octubre de 2007
- Stage II: A partir de octubre de 2009

**Tabla 3.6 Estándar de emisiones China**

Potencia kW	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	HC + NOx [g/kWh]	PM [g/kWh]
<b>Stage I<sup>1</sup></b>					
130 ≤ P ≤ 560	5.0	1.3	9.2	-	0.54
75 ≤ P <130	5.0	1.3	9.2	-	0.7
37 ≤ P <75	6.5	1.3	9.2	-	0.85
18 ≤ P <37	8.4	2.1	10.8	-	1.0
8 ≤ P <18	8.4	-	-	12.9	-
0 <P <8	12.3	-	-	18.4	-
<b>Stage II</b>					
130 ≤ P ≤ 560	3.5	1.0	6.0	-	0.2
75 ≤ P <130	5.0	1.0	6.0	-	0.3
37 ≤ P <75	5.0	1.3	7.0	-	0.4
18 ≤ P <37	5.5	1.5	8.0	-	0.8
8 ≤ P <18	6.6	-	-	9.5	0.8
0 <P <8	8.0	-	-	10.5	1.0

Nota 1: El límites Stage I deberá conseguirse aguas arriba de cualquier dispositivo de post tratamiento de gases de escape.

Fuente: DIESELNET

Las emisiones se miden durante un ciclo de prueba de estado estacionario que es equivalente a la ISO 8178 C1, prueba de 8-modos.

### 3.5.2. BRASIL

En Julio de 2011, la CONAMA adoptó la resolución 433/2011 que limita las emisiones de los gases de escape y ruido de la maquinaria de construcción y agrícola. Ésta es conocida como PROCONVE MAR-1 y es la primera legislación en regular las emisiones de las maquinarias fuera de ruta en Brasil. Establece límites equivalentes a Tier 3 (EEUU) y Stage IIIA (EU).

Los límites de emisión MAR-1 se introducirán gradualmente desde el 2015 hasta el 2019, las fechas de aplicación dependerán de la categoría de potencia y el tipo de maquinaria, como se muestra a continuación:

**Tabla 3.7 Estándar de emisiones Brasil**

Potencia [kW]	Fecha implementación		Contaminante en [g/kWhr]		
	Construcción	Agricultura	CO	NO x+ HC	PM
130 ≤ P ≤ 560	2015.01	2017.01	3.5	4.0	0.2
75 ≤ P <130	2015.01	2017.01	5.0	4.0	0.3
37 ≤ P <75	2015.01	2019.01	5.0	4.7	0.4
19 ≤ P <37	2017.01	2019.01	5.5	7.5	0.6

Fuente: DIESELNET

## 3.6. COMPARACIÓN GENERAL DE LA NORMATIVA

A continuación se presenta un cuadro que resume el cronograma de aplicación de la normativa en los principales mercados para Chile. Pudiéndose observar que Stage IIIA y Tier 3 llevan cerca de 9 años de aplicación en Europa y EEUU respectivamente y que a su vez Stage IIIB y Tier 4 Interim llevan 6 y 4 años de implementación en dichos Países, respectivamente.

Figura 3.3 Comparación general normativas internacionales

Estandar de emisiones de los motores de encendido por compresión																	
País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015+	
EUROPA	Stage I					Stage II				Stage IIIA			Stage IIIB		Stage IV		
EEUU	Tier 1	Tier 2				Tier 3			Tier 4 Int			Tier 4					
BRASIL															Tier 3		
CHINA									Tier 1		Tier 2						

Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV
Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4 Int	Tier 4

### 3.7. TECNOLOGÍA DE MOTORES

Junto con el desarrollo de los estándares de emisiones para motores diésel se ha desarrollado la tecnología de éstos principalmente en lo que se refiere a los sistemas de inyección de combustible, por ser este uno de los elementos más determinantes en las emisiones.

Es así como los motores modernos se caracterizan por la presencia de sistemas de inyección controlados electrónicamente mediante una unidad de control electrónico (ECU), que permite una mejor dosificación del diésel sobre la base de un conjunto de parámetros del motor tales como: temperatura del lubricante, posición del acelerador, presión del turbo, etc. De esta manera la cantidad de combustible inyectado se ajusta con precisión a los requerimientos operacionales del motor, además de ajustar el momento y la duración de la inyección. Otro elemento importante que se ha ido incorporando a estos sistemas es la inyección de alta presión (High Pressure Injection, HPI). Ejemplos de estos sistemas son las bombas inyectoras common rail o las unidades de inyección electrónica (EUI).

Las reducciones de MP de Stage IIIB/Tier4 Interim respecto del límite Stage II/Tier2 son del 90% o más, para rangos de potencia sobre 19 [kW], lo que hace prever la incorporación de sistemas de post tratamiento de filtros de partículas diésel. Asimismo los estándares de NOx que se exigirán para Tier4, en rangos de potencia sobre 56 [kW], hacen presumir el uso de sistemas de post tratamiento del tipo SCR.

**Tabla 3.8 Tecnología para diferentes normativas**

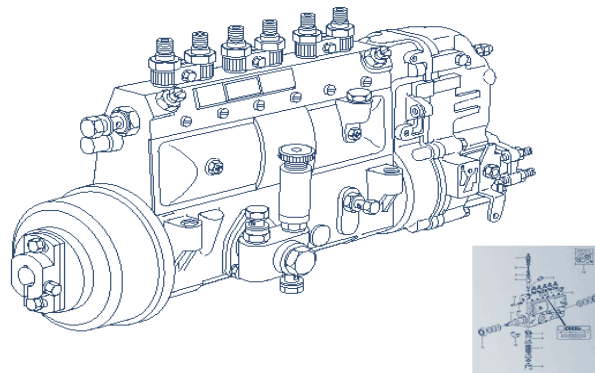
<b>Normativa</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Combustible Certificación (programa USA)</b>
Tier 1/Stage I	· Tecnología convencional.	2.000 (500) ppmS
Tier 2/Stage II	· Inyección mecánica (IDI, DI). · Turbocaragador. · Estrategias de optimización fuera del motor.	2.000 (500) ppmS
Tier 3/Stage IIIA	Combinación de tecnología: · Mejoras en el aire de admisión. · Inyección electrónica alta presión (HPDI + ECU): common rail, EUI. · Control en la cámara de combustión. · DOC (<500ppm S fuel)	2.000 (500) ppmS
Tier 4/Stage 4	Tecnologías basadas en sistemas post combustión: · DPF. · SCR (NOx absorber, Lean NOx catalyst).	15 ppmS

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.1. SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICO LINEAL

Corresponde a aquellas cuya entrega de combustible es controlada a través del acelerador del vehículo de forma mecánica, actuando este sobre una cremallera que controla la posición del elemento encargado de Generar la carrera de inyección. Se trata principalmente de bombas de inyección en línea que se coordinan mecánicamente con las revoluciones del motor.

**Figura 3.4 Esquema de una bomba mecánica en línea de 6 cilindros.**



Fuente: [Geasur 2009]

### **3.7.2. SISTEMA DE INYECCIÓN LINEAL CON GESTIÓN ELECTRÓNICA**

Este sistema es similar a las bombas mecánicas lineales, con la diferencia que en este caso la cremallera de control de suministro es actuada electrónicamente y no mediante el pedal del acelerador, para lo cual se monitorea, mediante sensores, los puntos críticos del motor, controlando las variables de manera de asegurar el funcionamiento del motor en su punto óptimo.

### **3.7.3. SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICO BOMBA ROTATIVA**

En la bomba rotativa existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección.

En la bomba de inyección rotativa de émbolos radiales pueden ser dos o cuatro émbolos radiales que son accionados por un anillo de levas, el comienzo de la inyección se regula por el anillo de levas, con un variador de avance.

### **3.7.4. SISTEMA DE INYECCIÓN BOMBA ROTATIVA CON GESTIÓN ELECTRÓNICA**

Este sistema es similar a las bombas rotativas mecánicas, con la diferencia que es actuada electrónicamente y no mediante el pedal del acelerador, para lo cual se monitorea, mediante sensores, los puntos críticos del motor, controlando las variables de manera de asegurar el funcionamiento del motor en su punto óptimo.

### **3.7.5. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICO COMMON RAIL**

Es un sistema de inyección de alta presión de estructura similar a la de los sistemas de inyección a gasolina, donde el combustible se hace llegar a una presión elevada hasta una rampa de inyección (de ahí su nombre Common rail) a la que se acoplan los electroinyectores, que son comandados por la unidad de control para producir la inyección de combustible en el cilindro.

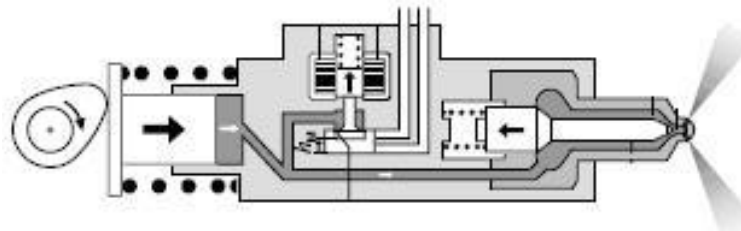
La presión a la que se produce la inyección favorece considerablemente la pulverización del combustible que se vierte sobre la cámara de combustión (inyección directa), lo que supone una notable mejora del proceso de combustión, con las ventajas que reporta en reducción de combustible y de la emisión de contaminantes.



### 3.7.6. UNIDAD ELECTRÓNICA INYECTOR BOMBA

En las versiones iniciales emplea un inyector operado directamente por un árbol de levas y situado sobre el centro de la cámara de combustión para inyectar el diésel uniformemente. La inyección es controlada por un dispositivo electrónico que consigue la máxima eficiencia del combustible. La tecnología tiene un sistema de inyección en el que cada cilindro tiene su propia bomba – integrada en el inyector (inyectora bomba). Dentro de esta categoría se encuentra los siguientes tipos: EUI de accionamiento mecánico y los HEUI de accionamiento hidráulico.

**Figura 3.5 Bomba inyectora EUI**



Fuente: [Geasur 2009]

### 3.7.7. UNIDAD ELECTRÓNICA BOMBA-TUBERÍA-INYECTOR EUP (PLD)

Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de inyector bomba. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. A diferencia de la unidad inyector bomba, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor.

Una regulación electrónica controla el comienzo de inyección y la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diésel.

### 3.7.8. CATALIZADORES DE OXIDACIÓN DE DIÉSEL (DOC)

Los catalizadores de oxidación de diésel promueven la oxidación química de CO y HC, así como la porción de SOF de las partículas de diésel. También se oxidan dióxido de azufre que está presente en el escape, a partir de la combustión de combustibles que contienen azufre. La oxidación de SO<sub>2</sub> conduce a la generación de partículas de sulfato y puede aumentar significativamente las emisiones totales de partículas a pesar de la disminución de la fracción de SOF. Modernos catalizadores de oxidación diésel están diseñados para ser selectiva, es decir, obtener un compromiso entre lo suficientemente alta HC y la actividad SOF y aceptablemente bajo SO<sub>2</sub> actividad.

### 3.7.9. FILTRO CATALIZADOR DE PARTÍCULAS DIÉSEL (CDPF)

El catalizador reduce la temperatura de combustión del hollín, permitiendo que el filtro se auto-regenere durante los periodos de alta temperatura del gas de escape. Un número de catalizadores de filtro diésel se han desarrollado, incluyendo formulaciones de metales tanto nobles y de base. Los filtros de cerámica catalizadas exhiben muy buenas eficiencias de filtración de MP, pero se caracterizan por un número relativamente alto en la caída de presión de gas de escape.

## 3.8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LA CERTIFICACIÓN

Para la certificación de emisiones de los motores son medidos en un ciclo de operación estacionario (steady-state) equivalente al ciclo de operación C1 de la norma ISO 8178, con 8 modos de operación estacionarios. No obstante la norma permite, para los motores que operan a velocidad constante, la aplicación del ciclo D2, con 5 modos de operación estacionarios.

La ISO 8178 es una norma internacional diseñada para la certificación de emisiones o aprobación de tipo para varias aplicaciones de motores fuera de ruta. Esta es usada ampliamente en todo el mundo, incluido EEUU, UE y Japón. En el caso de EEUU los ciclos de medición han sido adoptados en la legislación nacional, como es el caso de la norma de motores estacionarios diésel.

La ISO 8178 es una colección de diferentes ciclos estacionarios denominados por C1, C2, D1, etc. y están diseñados para distintos tipos y aplicaciones de motores. Cada ciclo representa una secuencia de varios modos de operación estacionarios (velocidad y torque constantes) que se ponderan con factores que entregan pesos distintos a cada modo.

**Tabla 3.9 Ciclo de secuencia de operación**

N° Modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Torque %	100	75	50	25	10	100	75	50	25	10	0
Speed	Rated speed					Intermediate speed					Low idle
Off-road vehicles											
Type C1	0.15	0.15	0.15	-	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	0.15
Type C2	-	-	-	0.06	-	0.02	0.05	0.32	0.3	0.1	0.15
Constant speed											
Type D1	0.3	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Type D2	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-

**Nota:** El torque del motor es expresado en porcentaje del máximo torque disponible a una velocidad dada. La "rated speed" es la velocidad nominal del motor especificada por el fabricante. La "Intermediate speed" es la velocidad correspondiente a la de máximo torque.

Fuente: CODE OF FEDERAL REGULATIONS (CFR) Y DIESELNET

Para el estándar Tier 4, adicionalmente al ciclo estacionario de medición, se exige un ciclo de medición transiente denominado “nonroad transient cycle” (NRTC). Este ciclo de medición se exigirá con Tier 4 a partir de 2011 para motores entre 130 a 560 kW, a partir de 2012 para motores entre 56 y 130 kW y a partir de 2013 para motores bajo 56 kW, excepto para motores a velocidad constante.

El fabricante además podrá optar por medir las emisiones contaminantes antes de cualquier sistema de post tratamiento de gases de escape al mismo tiempo que se efectúa el ensayo de homologación de tipo. Para ello, el fabricante podrá desarrollar, con carácter extraoficial, factores de deterioro distintos para el motor y para el sistema de post tratamiento que podrá utilizar como ayuda para auditar el final de la línea de producción.

El combustible para los ensayos de Tier 1-3 debe tener niveles de azufre no mayor que 0,2% en peso (2000 ppm). Para las pruebas de Tier 4, se analizarán con combustibles con niveles de azufre entre 7-15 ppm. La transición desde los 2000 ppmS a la especificación de 7-15 ppm se llevó a cabo en el período 2006-2010.

## 4. METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES

Para el cálculo de las emisiones, se revisaron dos metodologías, EPA y UE. La metodología de la EPA corresponde a la definida en el documento “Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling--Compression-Ignition” [EPA2004]. La metodología UE corresponde a la definida en el documento de CORINAIR del año 2013 [CORINAIR 2013]. En ambos casos la metodología básica se expresa en la siguiente ecuación:

$$E_i = N \cdot NA \cdot kW \cdot LF \cdot EF_i$$

Dónde:

$E_i$  : Emisiones del contaminante  $i$  durante el período, en [g],

$N$  : Población (unidades),

$NA$  : Nivel de Actividad (horas de uso en el periodo), [hr]

$kW$  : Potencia nominal promedio de la población, [kW],

$LF$  : Factor de carga típica (Load Factor, LF). Representa la fracción de la potencia nominal a la que típicamente opera la maquinaria.

$EF_i$  : Promedio de emisiones del contaminante  $i$  por unidad de trabajo, [g /kW-hr].

---

### 4.1. METODOLOGÍA EPA

---

Para la expresión del cálculo de las emisiones provenientes de la maquinaria fuera de ruta, en esta metodología se utiliza la siguiente expresión para el factor de emisión (EF):

$$EF_{aj}(HC, CO, NOx) = EF_{EE} \cdot TAF \cdot FD$$

Dónde:

$EF_{aj}$  : Factor de Emisión ajustado por operación transiente y deterioro, [g/kW-hr],

$EF_{EE}$  : Factor de Emisión en estado estacionario de un equipo nuevo (hora cero), [g/kW-hr],

$TAF$  : Factor de ajuste transiente para Tier 1 a Tier3, depende del tipo de operación de la maquinaria. (Tier 4 TAF = 1)

$FD$  : Factor de Deterioro depende del envejecimiento del motor [adimensional].

En la expresión anterior  $EF_{EE}$ , corresponde típicamente al valor de certificación del motor, al valor límite de la norma o a valores experimentales. Para EPA se usa típicamente el valor de certificación de las emisiones medidas en las pruebas de dinamómetro de motor.

Para el **material particulado** se considerará una corrección por el contenido de azufre como sigue:

$$EF_{aj}(MP) = EF_{EE} \cdot TAF \cdot FD - S_{MPaj}$$

Dónde:

$S_{MPaj}$ : Ajuste del MP por el contenido de azufre en el combustible [gr/kW-hr].

Este ajuste representa la variación del contenido de azufre en el combustible comercial respecto del utilizado para la certificación, el que se utiliza para obtener los valores de EF de los equipos nuevos ( $EF_{EE}$ ).

A su vez la expresión para el ajuste por contenido de azufre  $S_{MPaj}$ , se entrega a continuación.

$$S_{MPaj} = BSFC \cdot 7,0 \cdot soxcnv \cdot 0,01 \cdot (soxbas - soxdsl)$$

Dónde:

$BSFC$  : Consumo específico de Combustible al Freno, [g/kW-hr]

$7,0$  : Gramos de sulfato de MP / gramos de azufre en MP

$soxcnv$ <sup>8</sup> : Gramos de Azufre en MP/gramos de Azufre en combustible Consumido.

$0.01$  : Conversión Porcentaje a Fracción

$soxbas$ <sup>9</sup> : Contenido de azufre usado en el combustible de Certificación [%].

$soxdsl$ <sup>10</sup> : Contenido de Azufre en el Combustible de Evaluación [%].

Los factores de emisión de  $CO_2$  y  $SO_2$ , por lo general son calculados en base al consumo de combustible específico del freno (BSFC). A continuación se presentan las ecuaciones para el cálculo de los factores de emisión:

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

$$EF(SO_2) = (BSFC \cdot (1 - soxcnv) - HC) \cdot 0,01 \cdot soxdsl \cdot 2$$

---

<sup>8</sup>  $soxcnv = 0,02247$  (Tier 0 a Tier 4A);  $soxcnv = 0,3$  (Tier 4)

<sup>9</sup>  $soxbas = 0,33\%$  (Tier 0 a Tier 1);  $soxbas = 0,2\%$  (Tier 2 a Tier 3);  $soxbas = 0,05$  (Tier 4N);  $soxbas = 0,0015$  (Tier 4)

<sup>10</sup>  $soxdsl = 0,0015$  (Región Metropolitana);  $soxdsl = 0,005$  (Resto del país)

Dónde:

CO<sub>2</sub>: Factor de emisión de CO<sub>2</sub> en [g/kW-hr]

BSFC : consumo de combustible ajustado en [g/kW-hr]

HC : Factor de emisión de HC ajustado en [g/kW-hr]

0,87 : Fracción de masa de carbono del diésel

44/12 : Proporción de CO<sub>2</sub> en masa a la masa de carbono

SO<sub>2</sub> : Factor de emisión de SO<sub>2</sub> en [g/kW-hr]

Soxcnv : Gramos de Azufre en MP/gramos de Azufre en combustible Consumido.

0,01 : Factor de conversión de porcentaje a fracción

Soxdsi : Contenido de Azufre en el Combustible de Evaluación [%]

2 : Gramos de SO<sub>2</sub> formados a partir de un gramo de azufre

#### 4.1.1. FACTOR DE EMISIÓN EQUIPO NUEVO

En la tabla que se presenta a continuación se tabula el factor de emisión por contaminante y el consumo específico de combustible según rango de potencia del motor (potencias mayores o iguales a 19 kW y menores que 560 kW) y el tipo de tecnología.

**Tabla 4.1 Factor de emisión equipo nuevo y consumo de combustible según rango de potencia**

Potencia (kW)	Tipo de tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	Factor de emisión [g/kW-hr]			
			HC	CO	NOx	MP
>19 A 37	Tier 0	0,55	2,40	6,70	9,25	1,10
	Tier 1		0,40	2,10	6,00	0,50
	Tier 2		0,40	2,10	6,34	0,50
	Tier 4INT		0,40	2,10	6,34	0,30
	Tier 4B		0,18	0,21	4,02	0,02
>37 A 56	Tier 0	0,55	1,33	4,68	9,25	0,97
	Tier 1		0,70	3,20	7,51	0,60
	Tier 2		0,50	3,20	6,30	0,30
	Tier 4INT		0,20	3,20	4,02	0,30
	Tier 4B		0,18	0,32	4,02	0,02
>56 A 75	Tier 0	0,55	1,33	4,68	9,25	0,97
	Tier 1		0,70	3,20	7,51	0,60
	Tier 2		0,50	3,20	6,30	0,30
	Tier 3		0,20	3,20	4,00	0,40
	Tier 4INT		0,18	0,32	4,02	0,01

Potencia (kW)	Tipo de tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	Factor de emisión [g/kW-hr]			
			HC	CO	NOx	MP
	Tier 4N		0,18	0,32	0,37	0,01
>75 A 130	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,50	1,20	7,58	0,40
	Tier 2		0,50	1,20	5,50	0,20
	Tier 3		0,20	1,20	3,00	0,30
	Tier 4INT		0,18	0,12	3,35	0,01
	Tier 4N		0,18	0,12	0,37	0,01
>130 A 225	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,40	1,00	7,48	0,30
	Tier 2		0,40	1,00	5,36	0,20
	Tier 3		0,20	1,00	3,00	0,20
	Tier 4INT		0,18	0,10	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,10	0,37	0,01
>225 A 450	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,30	1,80	8,00	0,30
	Tier 2		0,20	1,10	6,00	0,20
	Tier 3		0,20	1,10	3,00	0,20
	Tier 4INT		0,18	0,11	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,11	0,37	0,01
>450 A 560	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,20	1,80	8,00	0,30
	Tier 2		0,20	1,80	5,00	0,20
	Tier 3		0,20	1,80	3,00	0,20
	Tier 4INT		0,18	0,18	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,18	0,37	0,01

Nota: los valores iniciales en hp fueron transformados por su equivalencia en kW (1hp=0,7457kW)

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2004]

Para tener la relación del THC con otros tipos de mediciones, por ejemplo COV se darán las relaciones en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2 Factor de conversión para componentes de emisiones de hidrocarburos**

Tipo motor	TOG/THC	NMOG/THC	NMHC/THC	VOC/THC
Diésel	1,07	1,054	0,984	1,053

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2005-A]

### Factores de Emisiones del cárter HC

Las emisiones del cárter son aquellas emisiones que se escapan de la cámara de combustión más allá de los anillos de pistón en el cárter. Para los motores diésel con cárteres abiertos los factores de emisión de las MMFR el factor de emisión de HC del cárter es igual al 2,0% del factor de emisión de HC a la salida del escape, incluido

el deterioro. Esto es válido para todos los motores Tier 3 y anteriores. Para motores Tier 4, se supone que las emisiones del cárter cero.

### PM<sub>2,5</sub> fracción de PM<sub>10</sub>

Los factores de emisión entregados anteriormente son para calcular el PM de 10 micras (PM10). Si se selecciona PM<sub>2,5</sub>, un ajuste de 0,97 se aplica a la salida de PM10.

## 4.1.2. FACTOR DE DETERIORO

El deterioro es el incremento de las emisiones con el uso del motor y se considera lineal con el tiempo de uso, por lo que se representa con un factor (DF).

Para el modelo EPA el factor de Deterioro (DF), se representa como sigue:

$$DF = 1 + A * (\text{Factor Edad})^b \quad \text{SI, (Factor Edad) } \leq 1$$

$$DF = 1 + A \quad \text{SI, (Factor Edad) } > 1$$

Dónde:

A : Constantes para un nivel dado de Tecnología y Contaminación

b : Constante, para vehículos diésel se considera b=1 para un factor de deterioro lineal.

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas acumuladas} * \text{factor de carga})}{\text{vida media a carga completa}}$$

**Tabla 4.3 Valores del coeficiente A**

Contaminante	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0,036	0,034	0,027
CO	0,101	0,101	0,151
NOx	0,024	0,009	0,008
PM	0,473	0,473	0,473

Fuente: [EPA 2004]

La Vida Media a carga completa, fue obtenida a partir del estudio “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling” [EPA 2004-A], en donde se presentan estimaciones de la vida



Media de motores NONROAD, a partir de datos desarrollado por la CARB (California Air Resources Board). En la tabla a continuación se los resultados de dichas estimaciones por rango de potencia para los Motores a Diésel.

**Tabla 4.4 Vida media según potencia de motor**

Potencia (kW)	Vida Media (Hrs)
>19 - 37	2.500
>37 - 75	4.667
>75 - 130	4.667
>130 - 225	4.667
>225 - 450	7.000
>450 - 560	7.000
> 560	7.000

Fuente: [EPA 2004-A]

### 4.1.3. FACTOR TRANSIENTE AJUSTADO

Los factores de emisión de HC, CO, NOx, PM y BSFC, para motores de maquinaria fuera de ruta se obtienen principalmente con las pruebas de estado estacionario (Non Road Stationary Test Cycle, NRSTC). Sin embargo, la operación de estado estacionario no siempre es representativa en las condiciones de operaciones reales de la maquinaria. Las diferencias se deben a la carga, la velocidad y demandas transitorias del motor. La EPA aplica "factores transitorios de ajuste" ("TAF"), para los factores de emisión de estado estacionario antes descritos. TAF se aplica a los factores de emisiones base, Tier 0, Tier 1, Tier 2 y tier 3. Para Tier 4, los factores de emisiones de certificación incluyen la medición bajo un ciclo transiente (Non Road Transient Cycle, NRTC). Como resultado, el TAF no se aplica a los factores de emisión para los motores Tier 4 (es decir, el modelo se aplica un TAF de 1,0).

$$TAF = \frac{EF_{trans}}{EF_{ss}}$$

El TAF se calcula como la relación entre el factor de emisión transiente ( $EF_{trans}$ ) obtenido con el ciclo transiente y el factor de emisión estacionario ( $EF_{ss}$ ) obtenido con ciclo estacionario. Factores de ajuste transitorios pueden ser mayores o menores que 1,0.

Para mayor detalle de los factores transientes ver **ANEXO II**.

#### 4.1.4. NIVEL DE ACTIVIDAD, FACTOR DE CARGA

A continuación se presenta el nivel de actividad y factor de carga reportados en el documento [EPA2004-A] o en su análogo, el Model 2008a<sup>11</sup>, aplicado a las categorías definidas para el inventario de líneas base 2013, elaborado por el estudio.

**Tabla 4.5 Nivel de actividad, factor de carga.**

Tipo de maquinaria	Factor de Carga	NA [Hrs/año]
Plataforma telescópica	0,21	384
Tractores agrícolas y forestal	0,59	475
Perforador	0,43	466
Grúa telescópica	0,43	990
Dumper	0,21	566
Excavadoras	0,59	1092
Grúa Horquilla	0,59	1700
Motoniveladoras	0,59	962
Equip fell / bunch / skidders	0,59	1276
Camiones Fuera de Carretera	0,59	1641
Otro Equipo Agrícola	0,59	381
Otro material de construcción	0,59	606
Otros industrial general Equipo	0,43	878
Otro equipo del campo petrolífero	0,43	1231
Otro Equipo Para Minería Subterránea	0,21	1533
Asfaltadora	0,59	821
Rodillos	0,59	760
Grúa horquilla todo terreno	0,59	662
Bulldozer	0,59	899
Cargador Frontal	0,59	761
Minicargadoras	0,21	818
Quitanieve	0,34	40
Barredoras	0,43	1220
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	0,21	1135
Zanjadoras	0,59	593

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 2004-A]

#### 4.1.5. CHATARRIZACIÓN

El término "Chatarrización" como se usa aquí, significa la disposición o retiro final del equipo, de tal manera que ya no contribuye a las emisiones o al consumo de combustible de la flota. Esto puede ser debido al envejecimiento del motor o ruptura en alguna parte del equipo.

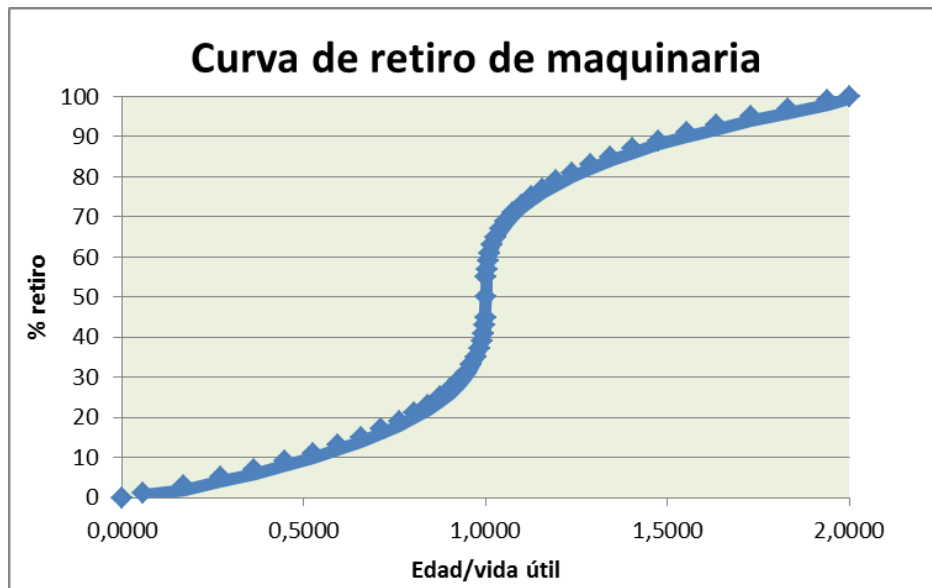
El modelo EPA utiliza una curva de chatarrización, para determinar la proporción de equipos que han sido desechados. Para ello define la variable Vida Media (ver tabla 4.4), como el periodo de tiempo en horas de uso a plena carga del motor, para el cual el 50% de la maquinaria es chatarrizada. Considerando el nivel de actividad de la maquinaria (NA), en horas anuales, y el factor de carga en el uso de ésta, es posible calcular la Vida Útil en años, que viene a ser el periodo de tiempo real para el cual el 50% de la maquinaria es chatarrizada, como sigue:

<sup>11</sup> Model2008, es el modelo utilizado por la EPA, para desarrollar los inventarios de emisiones.

$$Vida\ útil = \frac{vida\ media\ [hrs]}{NA\ \left[\frac{hrs}{año}\right] \cdot factor\ de\ carga}$$

El Modelo EPA, utiliza una distribución normal para caracterizar la curva de retiro de la maquinaria, considerando que el 50% de la flota se retira al momento de cumplir la Vida Útil y el 100% se retira al cumplir 2 veces la vida útil. Para expresar esta curva de forma normalizada, para todos los casos de Vida Útil, se procede a calcular el “factor de edad”, que es el cociente entre la edad que tiene la maquinaria y su vida útil (Edad/Vida Útil). Con este factor se procede a buscar el porcentaje de maquinaria a retirar, en la tabla de retiro (Ver **ANEXO III**). A continuación se presenta la curva de retiro en su forma gráfica:

Figura 4.1 Curva de chatarrización

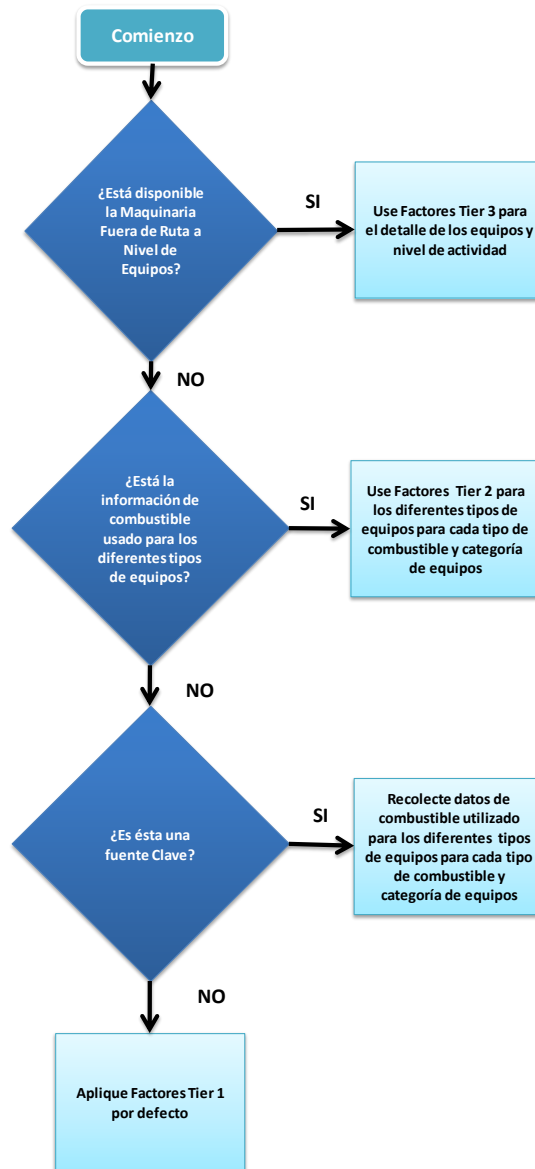


Fuente: [EPA 2005-B]

## 4.2. METODOLOGÍA EURO

Bajo esta denominación se entiende la metodología desarrollada en la “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2013” [CORINAIR 2013], de la Agencia Ambiental de Europa. En ésta la forma de seleccionar que tipo de metodología específica y que factores se emplearán consiste en analizar cuál es la información disponible, como se indica en la figura a continuación.

Figura 4.2 Diagrama de flujo modelo de emisiones Corinair



Fuente: [CORINAIR 2013]

En la Tier 1, se estiman las emisiones utilizando factores de emisión promedio y con una clasificación amplia de la maquinaria, con generalidades en el tipo de combustible y el tipo de motor. En la Tier 2, las emisiones están separadas en clasificaciones más detalladas para el cálculo de las emisiones. En este nivel de detalle se clasifica la flota según los tipos de combustible y las tecnologías de los motores. Si se cuenta con una desagregación a nivel de equipos se utiliza la metodología Tier 3.

Por lo anterior y dado el nivel de información que se cuenta para el desarrollo del presente informe se utilizará la metodología Tier 3.

#### 4.2.1. FACTORES DE EMISIÓN MÁQUINA NUEVA

En el método Tier 3 la población de la maquinaria/vehículos se divide en tipos, edades y rangos de potencia diferentes. Los factores de emisión de referencia para motores diésel regulados y maquinaria están en g/kWh y se definen principalmente como el límite de emisión aplicable al rango de potencia y estándar de emisiones del motor, a diferencia de EPA que utiliza los valores de certificación medidos.

**Tabla 4.6 Factores de emisión Maquinaria fuera de ruta nueva**

Potencia (kW)	Tipo de tecnología	BSFC [g/kW-hr]	Factor de emisión [g/kW-hr]			
			VOC	CO	NOx	PM
19 ≤ kW < 37	Sin norma	269	2,91	6,43	14,4	1,81
	Stage I		2,91	6,43	14,4	1,81
	Stage II		1,5	5,5	8	0,8
	Stage IIIA		1,1	5,5	6,4	0,6
37 ≤ kW < 56	Sin norma	265	2,28	5,06	14,4	1,51
	Stage I		1,3	5,06	9,2	0,85
	Stage II		1,3	5	7	0,4
	Stage IIIA		0,7	5	4	0,4
	Stage IIIB		0,7	5	4	0,025
56 ≤ kW < 75	Sin norma	265	2,28	5,06	14,4	1,51
	Stage I		1,3	5,06	9,2	0,85
	Stage II		1,3	5	7	0,4
	Stage IIIA		0,7	5	4	0,4
	Stage IIIB		0,19	5	3,3	0,025
	Stage IV		0,19	5	0,4	0,025
75 ≤ kW < 130	Sin norma	260	1,67	3,76	14,4	1,23
	Stage I		1,3	3,76	9,2	0,7
	Stage II		1	3,76	6	0,3
	Stage IIIA		0,5	3,76	3,5	0,3
	Stage IIIB		0,19	5	3,3	0,025
	Stage IV		0,19	5	0,4	0,025
130 ≤ kW < 300	Sin norma	254	1,3	3	14,4	1,1
	Stage I		1,3	3	9,2	0,54
	Stage II		1	3	6	0,2
	Stage IIIA		0,5	3	3,5	0,2
	Stage IIIB		0,19	3	2	0,025
	Stage IV		0,19	3	0,4	0,025
300 ≤ kW < 560	Sin norma	254	1,3	3	14,4	1,1
	Stage I		1,3	3	9,2	0,54
	Stage II		1	3	6	0,2
	Stage IIIA		0,5	3	3,5	0,2
	Stage IIIB		0,19	3	2	0,025
	Stage IV		0,19	3	0,4	0,025

Fuente: [CORINAIR 2013]

#### 4.2.2. FACTOR DE DETERIORO

A continuación se presentan los factores de deterioro de los contaminantes, señalados en el Corinair. A diferencia de los factores de deterioro propuestos por EPA, estos no tienen un valor máximo y se acumulan anualmente.

**Tabla 4.7 Factor de deterioro por año**

Contaminante	Factor de deterioro
CH4/NMVOC	1,5% por año
CO	1,5% por año
Nox	0% por año
FC/SO2/CO2	1% por año
PM	3% por año

Fuente: [CORINAIR 2013]

#### 4.2.3. FACTOR TRANSIENTE

A diferencia de la metodología EPA que entrega los factores transientes por tipo de maquinaria, contaminante y factor de carga en que se encuentra el equipo. La metodología de la UE, hace referencia al contaminante, la norma de emisiones y dos niveles de carga (alto y bajo).

**Tabla 4.8 Factor Transiente**

Norma	Carga	NOx	VOC	CO	TSP	BSFC
Sin norma - Stage IIIA	High	0,95	1,05	1,53	1,23	1,01
Stage IIIb - Stage IV		1	1	1	1	1
Sin norma - Stage IIIA	Low	1,1	2,29	2,57	1,97	1,18
Stage IIIb - Stage IV		1	1	1	1	1

Fuente: [Winther and Nielsen 2006]

#### 4.2.4. NIVEL DE ACTIVIDAD Y FACTOR DE CARGA

CORINAIR hace referencia al estudio “Winther and Nielsen” del año 2006 desarrollado en Dinamarca. Para obtener información de los niveles de actividad y factores de carga de las maquinarias fuera de ruta. A continuación se presenta una tabla que recopila las informaciones reportadas en este estudio.

**Tabla 4.9 Nivel de actividad y factor de carga CORINAIR**

Rubro	Maquinaria	NA [horas / Año]	Factor de Carga
Agrícola	Tractor	750	0,5
Agrícola	Cosechadoras	100	0,8
Forestal	Cargador de troncos	1200	0,5
Forestal	Tractor	400	0,5
Forestal	Cosechadoras	1200	0,5
Forestal	Forwarders	1200	0,5
Industrial	Plataforma telescópica	1200	0,27
construcción	Bulldozers tipo oruga	1100	0,5
construcción	Cargadores de tipo oruga	1100	0,5
construcción	Cargadoras sobre ruedas	1200	0,5
construcción	excavadoras tipo rueda	1200	0,6
construcción	Excavadoras tipo oruga	1100	0,6
construcción	Excavadoras	700	0,45
construcción	Cargadores frontales	700	0,45
construcción	Camión tolva	1200	0,4
construcción	Miniexcavadora	1100	0,6
construcción	Minicargadores	700	0,4
construcción	Manipulador	1000	0,5
construcción	Rodillos	600	0,45
construcción	Asfaltadora	700	0,35
construcción	Motoniveladoras	700	0,4
construcción	Barredoras	300	0,4

Fuente: [Winther and Nielsen 2006]

#### 4.2.5. CHATARRIZACION

La metodología CORINAIR no presenta un modelo para calcular el retiro de la maquinaria por año (como en el caso de la EPA). Sólo proporciona la vida útil esperada por tipología en años, en el cual toda la maquinaria será retirada al cumplir este periodo.

**Tabla 4.10 Vida útil maquinaria fuera de ruta CORINAIR**

<b>Sector</b>	<b>Tipo de Maquinaria</b>	<b>Vida útil(años)</b>
Agricultura	Tractores	30
Agricultura	Cosechadoras	25
Forestal	Cosechadoras (silvicultura)	8
Forestal	Cosechadoras	8
Forestal	Tractores	15
Industria	Motoniveladoras	10
Industria	Asfaltadora	10
Industria	Tractores	30
Industria	Grúa Horquilla	20
Industria	Barredoras	10
Industria	Plataforma telescópica	10
Industria	Rodillo	14
Industria	Bulldozer	10
Industria	Cargadores de cadenas	10
Industria	Cargadoras	10
Industria	Excavadoras	10
Industria	Manipulador	14
Industria	Camión fuera de carretera	10
Industria	Minicargadores	14

Fuente: [CORINAIR 2013]



## 5. DEPURACIÓN IMPORTACIONES Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Para elaborar el inventario de la flota de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta, se contó con las bases de datos de Aduanas, con información de las importaciones desde el año 2000 al 2013<sup>12</sup>. Éstas presentan información referente al año de importación, origen, empresa que lo importa, cantidad de maquinarias, entre las principales. De ella se puede desprender valiosa información, la cual ha sido trabajada para el presente informe, dicha información corresponde a la tipología (tipo de maquinaria), Potencia (se presenta en kW, HP o CV, sin embargo se ha convertido toda la información a kW), combustible (Diésel, gasolina, gas o dual), Rubro (Agrícola, Construcción, Forestal, Industrial o Minería).

A continuación se presentan los criterios de depuración utilizados y las estadísticas obtenidas.

---

### 5.1. DEPURACIÓN BASE DE DATOS ADUANAS

---

La información requerida de mayor relevancia para el desarrollo de la línea base, es conocer el tipo de maquinaria, su potencia y tipo de combustible. Además del rubro al cual se dedica. Para ello en este subcapítulo se describen los supuestos y criterios utilizados para la depuración de los datos.

#### Tipología

La Tipología de la maquinaria se extrajo mediante un minucioso trabajo de depuración, desde las bases de datos de aduanas, estas tipologías nacionales fueron homologadas conforme a la terminología de la EPA<sup>13</sup>. En el **ANEXO IV**, se presenta una tabla que describe una definición de cada una de las tipologías, además de una columna “Homologación Aduana”, que son los nombres que contenía la base y que fueron cambiados a la tipología EPA. Finalmente se presenta una imagen ilustrativa estándar, para identificar a la maquinaria.

#### Potencia

Para el caso de las potencias, también se depuró la glosa informativa de las bases, recabando la información disponible ya sea en CV, HP o kW. También se utilizó la información obtenida desde el estudio realizado en 2013 por este consultor, en donde se definieron las potencias por marca/modelo del motor de las maquinarias a través de catálogos disponibles en Internet hasta el año 2012, por lo que ahora se obtienen potencias hasta el año 2013. Con esta información se tiene que un 64% contiene información de potencia y un 36% no contiene dicha información. Luego, para la maquinaria en la que no se obtuvo información de potencia, en el presente informe esta información se determinará según criterios y supuestos los que se detallan más adelante, esto con el fin de establecer la línea base.

---

<sup>12</sup> Considerando que Chile no es País fabricante de motores ni de maquinaria fuera de ruta, toda la flota existente se supone importada.

<sup>13</sup> [NONROAD 2005]

## Combustible

Por otro lado se depuró la información contenida en las bases de acuerdo al combustible. Se complementó esta información con la recabada en catálogos según la marca y modelo de la maquinaria, obtenida en el trabajo realizado por el consultor en 2013.

Del total de la maquinaria se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 5.1 Características determinantes de Combustible.**

Combustible	Otra Indicación	Cantidad de MFR	% Participación
Diésel		85.49	62,92%
Sin Información		23.76	17,49%
Gasolina		10.894	8,02%
Gas		6.462	4,76%
No disponible	Autopropulsada	3.551	2,61%
No disponible	Contiene motor	3.538	2,60%
No disponible	Contiene HP	1.421	1,05%
Gas/gasolina		565	0,42%
No disponible	Contiene Cilindrada	198	0,15%
Total general		135.879	100,00%

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de Aduanas 2000-2013

Como se observa el 62,9% corresponde a Diésel, si se le agrega gasolina, gas y dual se obtiene un 76,11% con información de combustible. Luego un 17,49% no contiene información de ningún tipo y el otro 6,4% contienen la indicación de motor, potencia, es autopropulsada y/o contiene cilindrada, por lo que llevan implícito el atributo del combustible, pero no se detalla el tipo de combustible.

Para determinar el 23,89% de la información faltante se determinaron criterios y supuestos que permitieron establecer las características de combustibles faltantes.

## Rubro

Finalmente para el caso del rubro se tomaron en consideración varios pasos de depuración, dado que esta característica no depende solo de la maquinaria, sino más bien del uso que se le da a ésta.

Se consideran 4 rubros, los cuales están determinados internacionalmente, estos son: Agrícola-Forestal, Construcción, Industrial y Minería. A continuación se explican los criterios de clasificación de la información de Aduana en estos rubros.

- En la base de datos de aduanas se expresa en algunos casos explícitamente para qué rubro es importada la maquinaria, ese es el primer criterio.
- Luego se sabe que hay maquinaria que solo aplica a un rubro específico, por ejemplo las cosechadoras son sólo agrícolas o las pavimentadoras sólo de la construcción, por lo que este es el segundo criterio.
- El tercer criterio estuvo determinado por la empresa que importó la maquinaria, por ejemplo a las constructoras que importan retroexcavadoras se les asignó el rubro construcción, o en otros casos se revisó la maquinaria disponible en las páginas de los importadores en Chile para ver a que rubro está orientada la venta de su maquinaria.

Luego de aplicar estos criterios en las base de datos de aduanas, se obtiene que un 55% de la información contiene rubro y el restante 45% no la posee. Para la información faltante se establecieron criterios y supuestos para completar la base de datos.

Todos estos criterios serán contrarrestados en la tercera etapa de este estudio a través de la información que podrán proporcionar los importadores, de manera de complementar lo realizado con información que puedan proporcionar ellos para mejorar las estimaciones.

### 5.1.1. SUPUESTOS Y CRITERIOS

A continuación se presentan los supuestos y criterios para completar la información faltante contenida en la base de datos de aduanas.

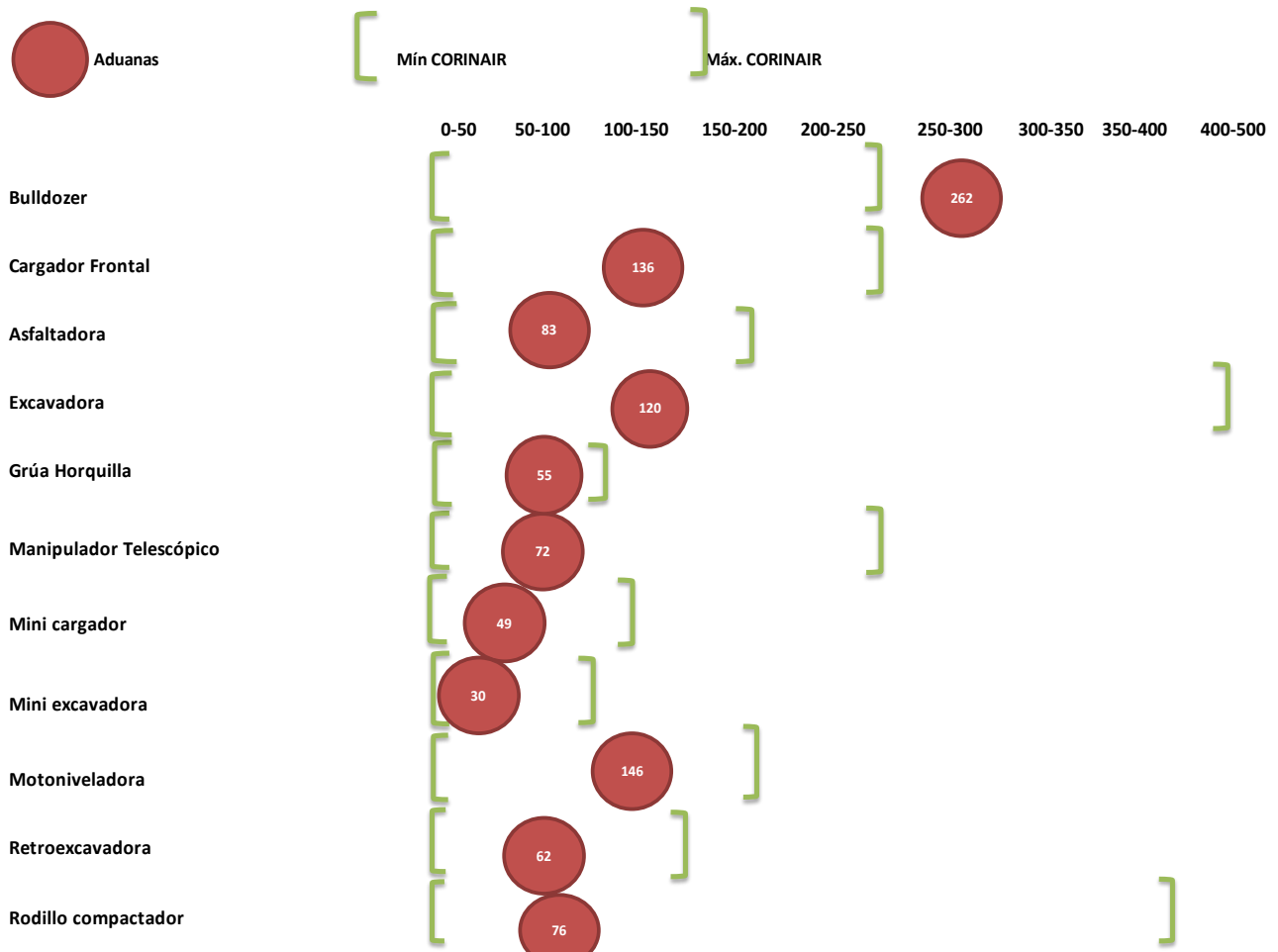
#### **Potencia**

La potencia faltante (36% de la maquinaria importada no contiene este atributo) fue asignada según la potencia promedio de la información que contenía dicho atributo, agrupando la maquinaria según tipología y rubro.

Con esto se obtiene el 100% de las potencias. A continuación se presentan las potencias por rubro y tipología. Cabe destacar que este 36% de potencias asignadas es corregido en capítulos posteriores, cuando se revisó los catálogos de los equipos para determinar la marca modelo motor de la maquinaria fuera de ruta.

Los valores preliminares obtenidos se compararon con el rango establecido internacionalmente por tipo de maquinaria, demostrándose que la información se mantiene en torno a estos valores, excepto para los Bulldozer en donde los valores de Aduanas son mayores al máximo (solo en un 4.8%). Todos los otros valores están dentro del rango internacional como se demuestra en la figura anterior.

Figura 5.1 Comparación Corinair y Aduanas, Construcción



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas.

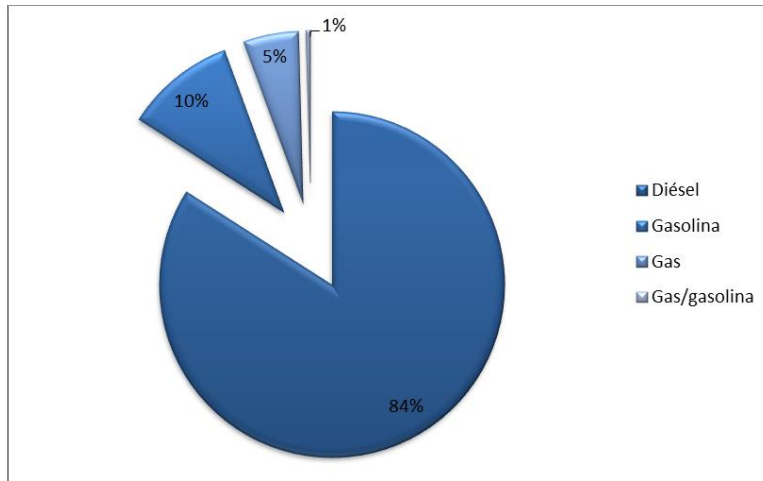
### Combustible

Para completar la información faltante de combustible (23,89%) se supuso que en la base de datos de aduanas la maquinaria con información (76%) es representativa del total de la maquinaria, por lo que se asignó la información faltante según tipología y rubro existente.

Finalmente se presenta una gráfica considerando 4 tipos de combustibles: Diésel, gas, gasolina y dual (gas/gasolina).

Cabe destacar que la participación de diésel dentro de los que contenían información previa a los supuestos correspondía a 82%.

**Figura 5.2 Participación cantidad de maquinaria según combustible**



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas.

## Rubro

En el caso de la determinación de los rubros faltantes para la asignación a las maquinarias, se utilizaron dos criterios, el primero fue realizar una tabla con las potencias máximas y mínimas para cada una de las maquinarias que ya poseían un rubro definido. Como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.2 Potencias máximas y mínimas por rubro.**

Tipología	Construcción		Industrial		Minería	
	Pot min [kW]	Pot máx. [kW]	Pot min [kW]	Pot máx. [kW]	Pot min [kW]	Pot máx. [kW]
Bulldozer	56	482			104	482
Camión fuera de ruta	149	503			60	552
Cargador frontal	34	294	34	283	19	397
Excavadora	20	390	78	132	20	529
Grúa horquilla	31	110	30	197	42	179
Grúa telescópica	26	375	48	375	160	207
Manipulador	59	113	34	78	62	63
Otros equipos de minas subterráneas	81	81			52	120
Minicargador	22	73	30	34	20	45
Minieexcavadora	20	53			22	37
Motoniveladora	75	225			86	215
Perforador	19	391	224	224	19	559
Plataforma telescópica	19	65	35	61	43	43
Quitanieve			77	360	103	103
Retroexcavadora	20	261	58	75	49	397
Rodillo	19	480	55	110	85	147
Otros equipos de construcción	92	224			149	245
Tractor agrícola	77	77	224	224	60	384

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de Aduanas 2000-2013

Con la tabla anterior se realiza una distribución de la maquinaria que no posee rubro conocido, pero si se tiene la potencia. Por ejemplo las perforadoras con potencias mayores a 391 [kW] son asignados a la minería, puesto que minería contiene estos rangos de potencia.

Aplicado el criterio de las potencias, queda un porcentaje de maquinaria que se desconoce si corresponde a construcción, minería o industria. Para ello se utilizara la información obtenida en estudio anterior (MFR 2013) entregada por los importadores a través de encuestas<sup>14</sup>. Este criterio dice que un 80% de la maquinaria vendida corresponde al rubro de la construcción. Sin embargo se sabe por la experiencia obtenida en el informe anterior que hay maquinaria como por ejemplo las grúas horquillas, que son más utilizadas en el rubro industrial. Para realizar una correcta distribución de la maquinaria se complementó la información entregada por los importadores con los siguientes criterios:

- 1) Existe maquinaria que por su tipología puede estar en dos rubros posibles, en estos casos se asignará un 80% construcción y 20% el otro rubro (información obtenida en [Geasur 2013] de maquinaria de construcción).
- 2) Para las maquinarias: grúa horquilla, manipulador y plataforma telescópica, que generalmente son más utilizadas en la industria, se utilizará la distribución porcentual de su participación en el parque. Esta estadística se determina de la base de Aduanas, de la información disponible.

**Tabla 5.3 Participación maquinaria utilizada mayoritariamente en industria**

Maquinaria	Participación del total		
	Minería	Industrial	Construcción
Grúa horquilla	4,6%	93,8%	1,6%
Manipulador	39,2%	44,8%	16,0%
Plataforma telescópica	39,3%	57,3%	33,4%

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de Aduanas 2000-2013

- 3) Cuando existen 3 rubros con maquinarias distintas a las mencionadas en el criterio anterior, se considera: 80% construcción y el 20% restante será distribuido según su peso en el parque a partir de las estadísticas de Aduanas.

**Tabla 5.4 Porcentaje de participación maquinaria con tres rubros compartidos**

Maquinaria	Participación del total		
	Construcción	Industrial	Minería
Cargador frontal	80%	3%	17%
Grúa telescópica	80%	16%	4%

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de Aduanas 2000-2013

<sup>14</sup> [GEASUR 2013]

Con todos estos criterios mencionados anteriormente se presentan los resultados de la maquinaria fuera de ruta entre el año 2000 y 2013 según los distintos atributos.

## 5.1.2. RESULTADOS

A continuación se presentan tabulaciones y gráficas con la información de la composición de las bases de datos de aduanas entre el 2000 y 2013, con la información depurada y con los supuestos mencionados anteriormente.

### Potencia y Combustible

La tabla a seguir presenta la información total de la base de datos, sin embargo, y conforme la definición adoptada para la maquinaria fuera de ruta a regular al inicio de este informe. Toda la información presentada de aquí en adelante sólo considerará la maquinaria con potencia mayor o igual que 19 kW y menor que 560 kW y sólo combustible a diésel.

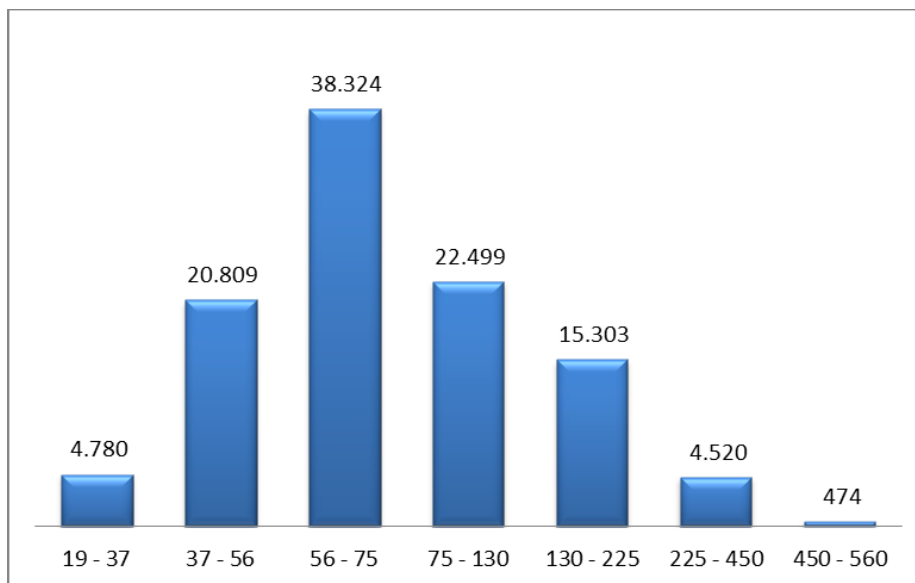
**Tabla 5.5 Cantidad de maquinaria fuera de ruta según rangos de potencia y combustible.**

Rangos kW	Diésel	Gasolina	Gas	Gas/gasolina	Total	% Total
< 19	3.202	1.811	1		<b>5.014</b>	<b>4%</b>
19 ≤ kW < 37	4.780	573	36		<b>5.389</b>	<b>4%</b>
37 ≤ kW < 56	20.809	600	186	4	<b>21.599</b>	<b>16%</b>
56 ≤ kW < 75	38.324	10.953	6.817	548	<b>56.642</b>	<b>42%</b>
75 ≤ kW < 130	22.499	96	3	10	<b>22.608</b>	<b>17%</b>
130 ≤ kW < 225	15.303	5	23		<b>15.331</b>	<b>11%</b>
225 ≤ kW < 450	4.520	13	6	3	<b>4.542</b>	<b>3%</b>
450 ≤ kW < 560	474				<b>474</b>	<b>0%</b>
≥ 560	2.890	1			<b>2.891</b>	<b>2%</b>
<b>Total</b>	<b>112.801</b>	<b>14.052</b>	<b>7.072</b>	<b>565</b>	<b>134.490</b>	<b>100%</b>
<b>% Total</b>	<b>84%</b>	<b>10%</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de Aduanas 2000-2013

Luego considerando sólo la información en el rango de potencia de la definición del estudio (19-560 kW), se obtienen los siguientes resultados considerando un total de 106.709 máquinas importadas entre el 2000 y 2013:

**Figura 5.3 Distribución cantidad de maquinaria importada según rango de potencia. Diésel.**



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2013.

### Tipología y Rubro

A continuación se presenta la cantidad de maquinaria por tipología y rubro para el total de los años en estudio (potencia >19 y <560 kW, solo diésel).



**Tabla 5.6 Cantidad de maquinaria fuera de ruta por tipología y rubro. 2000-2013.**

Rubro	Tipología	Cantidad	Rubro	Tipología	Cantidad
Agrícola-Forestal	Bulldozer	6	Industrial	Barredora	33
	Camión Fuera De Carretera	20		Cargador Frontal	274
	Cargador De Troncos	665		Excavadora	6
	Cargador Frontal	67		Grúa Horquilla	6.865
	Cosechadora	2.662		Grúa Telescópica	138
	Excavadora	46		Manipulador	435
	Grúa Horquilla	102		Minicargador	11
	Grúa Telescópica	92		Plataforma Telescópica	2.634
	Minicargador	18		Quitanieve	50
	Miniexcavadora	4		Retroexcavadora	7
	Otros Equipos Agrícolas	2.457		Rodillo	34
	Plataforma Telescópica	20		Tractor	1
	Retroexcavadora	23		Minería	Bulldozer
	Rodillo	6	Camión Fuera De Carretera		883
	Tractor Agrícola	32.701	Cargador Frontal		2.446
	Construcción	Asfaltadora	288		Dumper
Bulldozer		1.522	Excavadora		3.445
Camión Fuera De Carretera		463	Grúa Horquilla		334
Cargador Frontal		5.356	Grúa Telescópica		25
Dumper		38	Manipulador		276
Excavadora		6.899	Minicargador		924
Grúa Horquilla		1.291	Miniexcavadora		63
Grúa Telescópica		850	Motoniveladora		319
Manipulador		908	Otros Equipos En Minas Subterráneas		366
Minicargador		6.015	Perforador		2.297
Miniexcavadora		510	Plataforma Telescópica		128
Motoniveladora		1.574	Quitanieve	2	
Otros Equipos De Construcción		162	Retroexcavadora	2.091	
Otros Equipos En Minas Subterráneas		130	Rodillo	48	
Perforador		1.686	Tractor	7	
Plataforma Telescópica		1.740	Zanjadora	10	
Retroexcavadora		10.530	<b>Total</b>	<b>106.709</b>	
Rodillo		3.476			
Tractor	9				

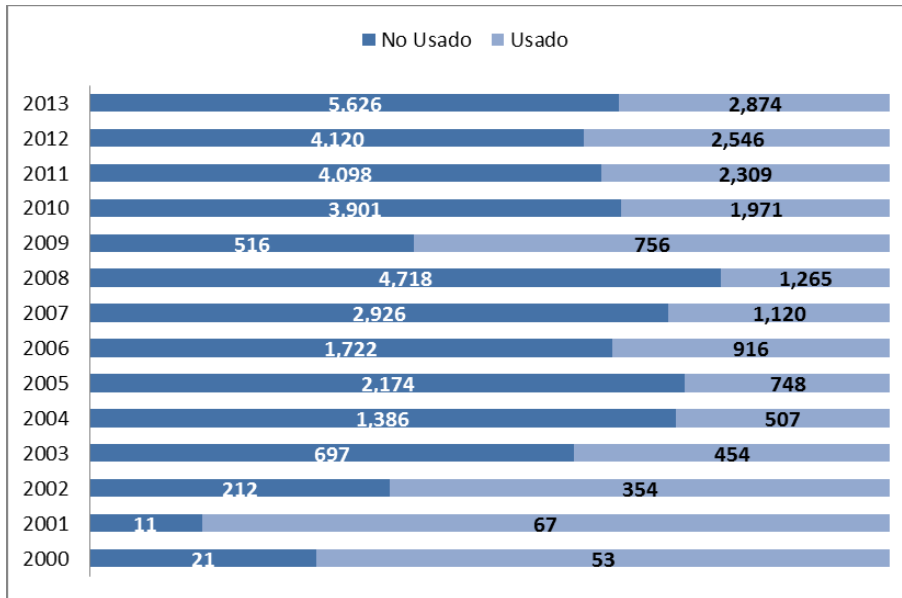
Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2013.

## Maquinaria Usada

Respecto al ingreso de la maquinaria se cuenta con alguna información de este atributo. Se conoce que el 44% tiene algún tipo de información sin embargo el 56% de la mercadería ingresada no cuenta con ninguna información.

Del 44% que se tiene información, un 67% no es usada y 33% si lo es. El detalle por año se presenta en la figura a seguir.

**Figura 5.4 Distribución cantidad de maquinaria según rango de potencia. Diésel.**

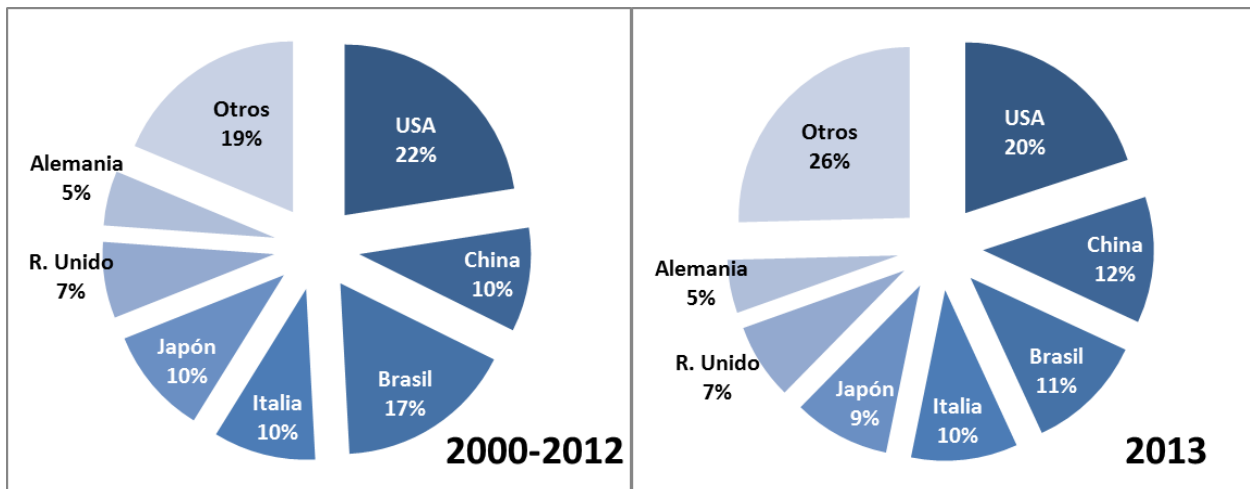


Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2013.

### Origen

Respecto a la caracterización del origen de la maquinaria, existe un total de 72 Países de procedencia de la maquinaria, sin embargo el 80% de las importaciones provienen de 7 Países. Los porcentajes de participación se presentan en la gráfica a continuación.

**Figura 5.5 Origen correspondiente al 80% de la maquinaria importada entre 2000 y 2013.**



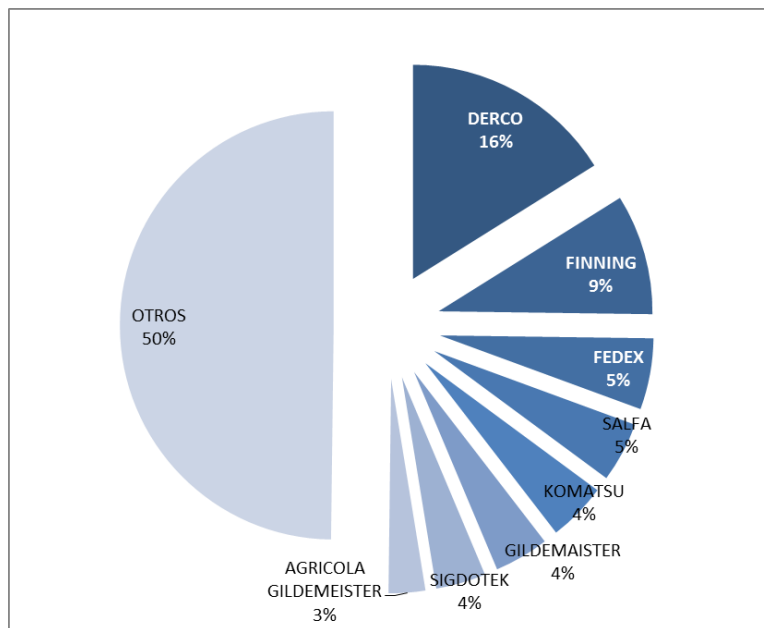
Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2013.

La mayores importaciones para maquinarias fuera de ruta diésel con potencias mayores a 19 kW y menores a 560 kW corresponden a Estados Unidos con un 21% del total (22.433 maquinarias), Luego Brasil con un 17% (18.118 maquinarias) y China con un 11% del total (11.783 maquinarias). De manera tal que cerca del 50% de la maquinaria proviene de solo 3 países en el período 2000-2013.

### Importadores

A seguir se muestra la información de los importadores (oferta) de la maquinaria desde el año 2000 al 2013. Considerando siempre la maquinaria diésel para potencias mayores a 19 kW y menores a 560 kW.

**Figura 5.6 Importadores correspondientes al 50% de la maquinaria importada entre 2000 y 2013.**



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2013.

Se puede apreciar que el 50% de la maquinaria total país es importada por 8 importadores de un total de 3.300 importadores durante los años 2000 a 2013.

## 5.2. COMPARACIÓN RESULTADOS RESPECTO ESTUDIO 2013

En este capítulo se examinan y comparan los resultados obtenidos en este estudio, con los valores presentados en el informe [GEASUR 2013].

### 5.2.1. COMPARACIÓN CANTIDADES

Para el siguiente análisis se compararon las cantidades obtenidas para el mismo periodo [2000-2012]. Durante el análisis se pudo evidenciar diferencias en algunas tipologías, los que se describen a continuación:

**Tabla 5.7 Comparación cantidades entre los años 2000-2012 con [GEASUR 2013].**

Ítem	Maquinaria	Cantidad		
		2014	2013	2014-2013
1	Camión Tolva	1.181	3.285	- 2.104
2	Cargador Frontal	7.580	6.912	668
3	Desmalezador	-	1.550	- 1.550
4	Excavadora	8.958	6.288	2.670
5	Grúa Horquilla	6.710	8.366	- 1.656
6	Grúa Telescópica	863	313	550
7	Plataforma Telescópica	3.966	4.979	- 1.013

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Aduanas 2000-2012.

A continuación se explican las razones de las diferencias entre ambos estudios.

#### Ítem:

1. La cantidad de camiones tolvas es mayor en el estudio 2013, debido a que en ese estudio se consideró toda la maquinaria mayor a 19 kW, incluso la mayor a 560 kW, la cual no fue considerada en este estudio, puesto que en la definición planteada por la contraparte, sólo se normaron por el momento las maquinarias en el rango entre  $19 \leq \text{kW} < 560$ .
2. La diferencia de maquinaria se debe a que en el estudio 2013 hubo un error en la base de datos (omisión de ceros en las potencias de algunas maquinarias), lo que provocó que potencias sobre 19 kW quedaran bajo este rango, lo que hizo omitir maquinarias que si tendrían que haber sido considerada en el estudio anterior.
3. El estudio 2013 estaba más enfocado a la construcción por lo que no se realizó tanto énfasis en la depuración de maquinaria de otros rubros. Sin embargo en este estudio se realizó una depuración más minuciosa, donde se clasificó que casi todos los equipos de esta maquinaria son a gasolina y algunos pocos diésel que tienen potencias bajo 19 kW.
4. Al igual que en el ítem 2, la diferencia de maquinaria se debe a que en el estudio 2013 hubo un error en la base de datos (omisión de ceros en las potencias de algunas maquinarias), lo cual provocó la omisión de maquinarias que si tendrían que haber sido considerada en el estudio anterior.
5. En el estudio 2013 se asignó como combustible diésel a las maquinarias que se desconocía el combustible. Ahora se utilizó un criterio diferente, que es asignar a los sin información un porcentaje de acuerdo a la participación del combustible con la información disponible en las diferentes tipologías. . Además en la depuración se clasificaron grúas telescópicas como grúas horquillas.

6. Como se mencionó en el punto anterior, en este estudio se encontró una cantidad mayor de grúas telescópicas, puesto que en el proyecto anterior se clasificaron algunas maquinarias de esta tipología como grúa horquilla.
7. Se encontraron registros de importaciones de esta maquinaria en la base de Aduanas del estudio 2013, que no aparecían en las bases entregadas por aduana para el presente estudio.

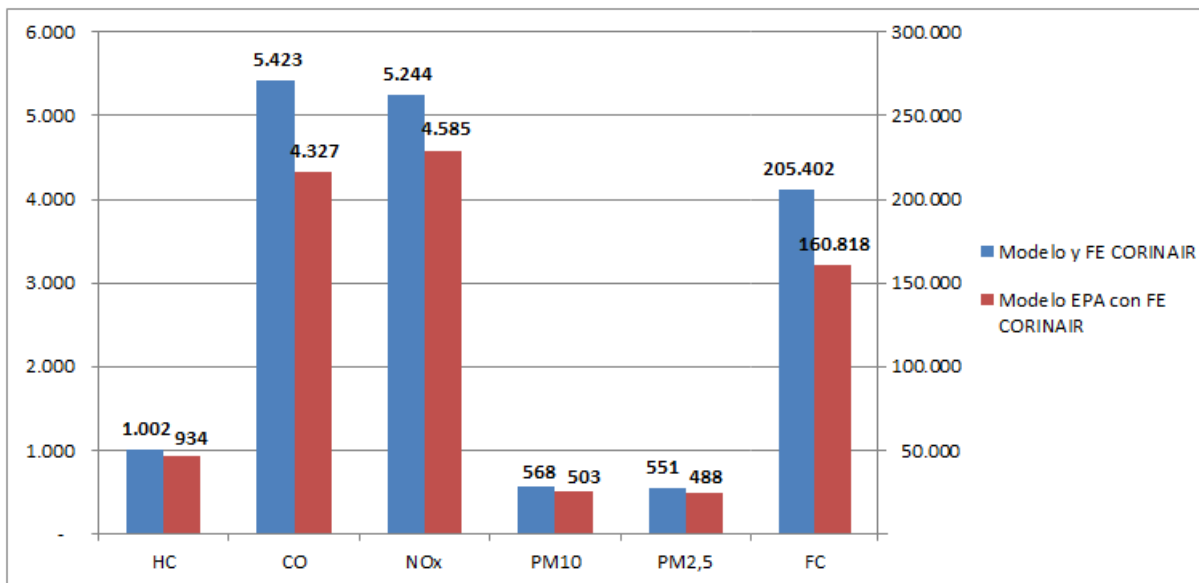
### 5.2.2. COMPARACIÓN MODELOS (EU - EPA)

En esta sección se realiza una comparación de las metodologías para el cálculo de emisiones. Por una parte se utilizarán los resultados del modelo del estudio 2013, el cual utiliza la metodología Tier 3 descrita en el Corinair. Estos valores serán comparados con la metodología EPA. Para ello se utilizará la misma flota de maquinaria del estudio [Geasur 2013].

#### ANÁLISIS 1:

El primer análisis hace una comparación de los modelos de emisión, para ello se considera el mismo factor de emisión en ambos modelos (FE Corinair).

Figura 5.7 Comparación modelos, considerando el mismo factor de emisión (Corinair)



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior se observa que se obtienen valores similares que los obtenidos en el estudio 2013. Sin embargo existen diferencias entre ambas metodologías, esto se debe a una serie de diferencias en el cálculo (Nivel de actividad, Factor de carga, Factor de deterioro, factor transiente), las cuales serán comparadas a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 5.8 Intervalo de diferencias [mín;máx], considerando los valores CORINAIR como referencia.**

	FD Anual <sup>1)</sup>	FD Máximo <sup>2)</sup>	Factor Transiente	Factor de carga	Nivel de actividad
EPA/ EURO	[-3 ; +7]%	[-17,9 ; 2,4]%	[-61 ; 118]%	[-53 ; 119]%	[-37 ; 62]%

**Nota:** 1) Factor Deterioro lineal por año de uso. 2) Deterioro máximo alcanzado (Corinair no tiene deterioro máximo). Para mayor detalle de las comparaciones ver ANEXO V.

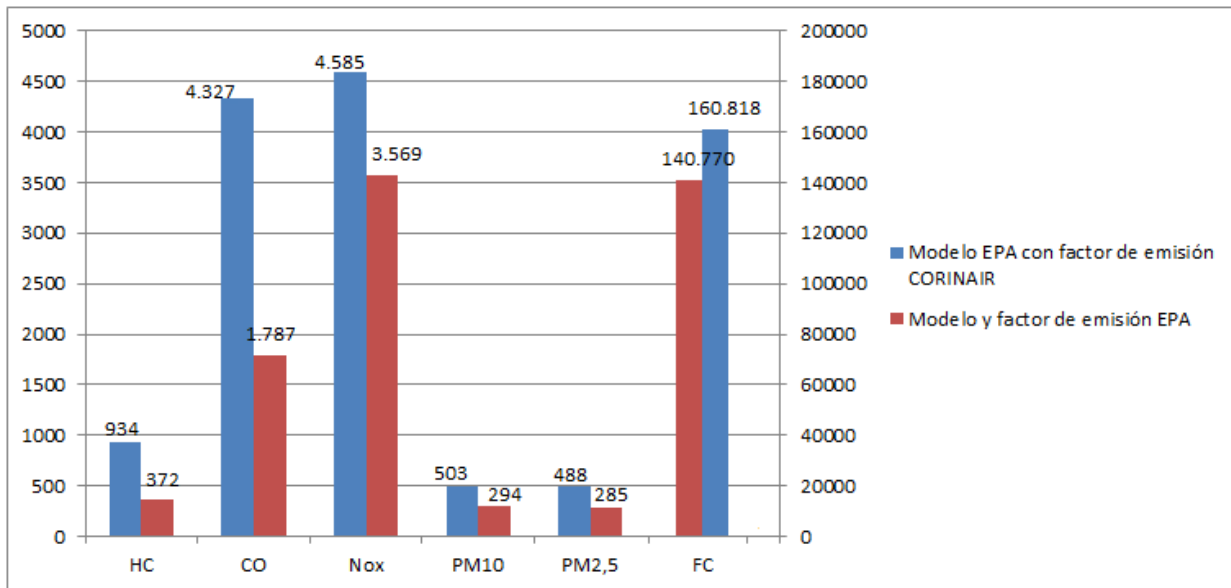
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se observan que el factor de deterioro tiene valores similares. Sin embargo los valores que dependen exclusivamente de las condiciones locales de uso, son diferentes entre sí. Por ejemplo el nivel de actividad y factor de carga, que si bien son valores internacionales, dan indicios que las horas y cargas que se utilizan en una región, no son las mismas que en otra. Por esta razón es que surge la necesidad de conocer valores locales, para esto se llevaron a cabo encuestas a los importadores de maquinaria móvil fuera de ruta, los resultados son expuestos en capítulos posteriores.

## ANALISIS 2:

El segundo análisis realiza una comparación para el ver el efecto que tienen los diferentes factores de emisión en un mismo modelo. Para ello se modelará con la metodología EPA y se cambiaran sólo los factores de emisión (EPA y Corinair).

**Figura 5.8 Comparación Factores de emisión, modelando con metodología EPA**

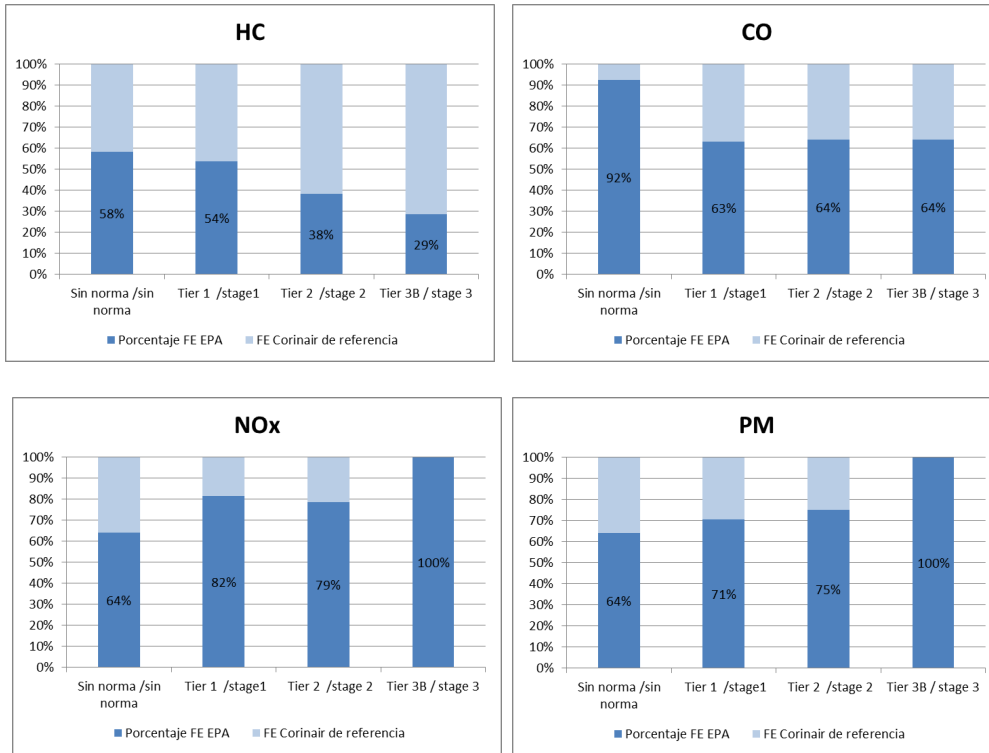


Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior se observa que las mayores diferencias en emisiones se presentan principalmente en los contaminantes HC y CO, donde EPA es hasta 3 veces menor. A continuación se presenta una serie de gráficas de

los factores de emisión para el rango de potencia ( $56 \leq \text{kW} < 75$ ), que contiene la mayor cantidad de maquinaria. En esta grafica se observa que el Factor de Emisión EPA es menor un 71% menor que el CORINAIR para Tier3/Stage3 en el HC.

**Figura 5.9 Comparación factores de emisión EPA/EURO, para diferentes rangos de potencia.**



Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2004] y [CORINAIR 2013]

Para concluir, a continuación se presentan los intervalos de diferencia que presenta el factor de emisión EPA respecto a los utilizados en el CORINAIR, para todos los rangos de potencias.

**Tabla 5.9 Intervalo de diferencias del factor de emisión EPA respecto al factor CORINAIR.**

Contaminante	Sin norma	Tier 1	Tier 2	Tier 3
HC	[-46 ; -18]%	[-86 ; -46]%	[-80 ; -50]%	[-71 ; -60]%
CO	[-28 ; +21]%	[-68 ; -37]%	[-68 ; -36]%	[-68 ; -36]%

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2004] y [CORINAIR 2013]

La diferencia entre ambos Factores de Emisión se debe principalmente a que EPA utiliza el factor de emisión que se obtiene del ensayo de certificación, mientras que en Europa se utiliza como factor de emisión el límite máximo que se permite por norma. Para ver más detalles de las comparaciones de potencias para otros rangos de potencias, ver **ANEXO VI**.

## 6. ELABORACIÓN FLOTA AÑO BASE 2013

### 6.1. RETIRO MAQUINARIA

Como parte del desarrollo de la metodología EPA para el cálculo de emisiones, es necesario modelar el retiro de la maquinaria (método descrito en el capítulo 4.1.5), para realizar esto es necesario conocer el factor de edad, el cual depende del nivel de actividad y factor de carga, esta información se obtiene del capítulo anterior, para cada una de las tipologías. Luego se aplica la curva de retiro o chatarrización, lo que deja un total de **96.334** maquinarias de las 107.797. A continuación se detalla la cantidad de maquinaria diésel por rubro estimada.

**Tabla 6.1 Cantidad total de maquinaria importaciones con retiro.**

Rubro	Tipología	Cantidad	Rubro	Tipología	Cantidad
Agrícola-Forestal	Bulldozer	3	Industrial	Barredora	33
	Camión Fuera De Carretera	4		Cargador Frontal	268
	Cargador De Troncos	394		Excavadora	4
	Cargador Frontal	61		Grúa Horquilla	3.714
	Cosechadora	2.646		Grúa Telescópica	258
	Excavadora	38		Manipulador	426
	Grúa Horquilla	97		Minicargador	11
	Grúa Telescópica	83		Plataforma Telescópica	3.521
	Minicargador	18		Quitanieve	50
	Miniexcavadora	2		Retroexcavadora	7
	Otros Equipos Agrícolas	2.362		Rodillo	34
	Plataforma Telescópica	20		Tractor	1
	Retroexcavadora	23	Minería	Bulldozer	201
	Rodillo	6		Camión Fuera De Carretera	678
	Tractor Agrícola	30.824		Cargador Frontal	2.266
Construcción	Asfaltadora	254		Dumper	9
	Bulldozer	1.393		Excavadora	2.646
	Camión Fuera De Carretera	345		Grúa Horquilla	220
	Cargador Frontal	4.832		Grúa Telescópica	19
	Dumper	38		Manipulador	262
	Excavadora	5.417		Minicargador	903
	Grúa Horquilla	867		Miniexcavadora	33
	Grúa Telescópica	761		Motoniveladora	262
	Manipulador	857		Otros Equipos En Minas Subterráneas	343
	Minicargador	5.841		Perforador	2.260
	Miniexcavadora	310	Plataforma Telescópica	128	
	Motoniveladora	1.302	Quitanieve	2	
	Otros Equipos De Construcción	160	Retroexcavadora	2.025	
	Otros Equipos En Minas Subterráneas	122	Rodillo	43	
	Perforador	1.651	Tractor	7	
	Plataforma Telescópica	1.732	Zanjadora	10	
	Retroexcavadora	10.136	<b>Total</b>	<b>96.334</b>	
	Rodillo	3.082			
Tractor	9				

Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD Aduanas 2000-2013



## 6.2. ESTIMACIÓN MAQUINARIA ANTERIOR AL AÑO 2000

Dado que la información recogida por Aduanas no tiene información anterior al año 2000, para poder estimar la cantidad de máquinas anteriores al año 2000, se utiliza la base de datos de PRT entre los años 2010-2013, pues en estas se encuentra información de algunas maquinarias que realizan revisión técnica (Bulldozer, cargador frontal, cosechadora, excavadora, grúa horquilla, grúa telescópica, motoniveladora, retroexcavadora y tractor agrícola). Esta BBDD fue depurada para no tener placas patentes repetidas, luego se realizó una segunda depuración, en la cual se eliminaron las maquinarias que no utilizaban combustible diésel y que no estaban en el rango de potencias establecidos en este estudio ( $19 \leq \text{kW} < 560$ ).

Consolidada la base de datos con los criterios descritos de PRT, se procede a calcular la vida útil de cada una de las tipologías existentes en la base de datos, luego se realiza una nueva tabla que agrupa los datos según la vida útil definida por la formulación de la metodología EPA para cada una de las tipologías y el año de fabricación de las maquinarias. En el **ANEXO VII** se observan las cantidades de las maquinarias según lo enunciado.

Obtenido el perfil de distribución de maquinarias según lo anterior, se procede a agrupar las vidas útiles de la siguiente manera: 0-10, 11-20, 21-30, > 30. Finalmente se calcula el porcentaje que representan las maquinarias anteriores al año 2000 de una cierta vida útil, respecto al total de maquinarias entre los años 2000-2013, para esa vida útil.

**Tabla 6.2 Porcentaje de maquinaria anterior al año 2000, según Año de fabricación y vida útil**

Año fabricación	Vida útil			
	0-10	11-20	21-30	> 30
1951	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1952	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1954	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1955	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1957	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%
1958	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1960	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
1961	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
1962	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
1963	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%
1964	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
1965	0,00%	0,05%	0,00%	1,13%
1966	0,00%	0,16%	0,00%	0,57%
1967	0,00%	0,21%	0,00%	0,00%
1968	0,06%	0,21%	0,00%	0,00%
1969	0,00%	0,21%	0,00%	0,00%
1970	0,12%	0,31%	0,00%	0,00%
1971	0,06%	0,31%	0,00%	0,00%
1972	0,00%	0,76%	0,00%	1,13%
1973	0,12%	0,16%	0,00%	0,57%
1974	0,00%	0,21%	0,00%	0,57%
1975	0,06%	0,21%	0,00%	3,96%
1976	0,00%	0,12%	0,00%	2,26%

Año fabricación	Vida útil			
	0-10	11-20	21-30	> 30
1977	0,06%	0,16%	0,00%	1,13%
1978	0,06%	0,24%	0,00%	1,13%
1979	0,12%	0,14%	0,00%	0,57%
1980	0,12%	0,52%	0,00%	0,57%
1981	0,12%	0,38%	0,00%	0,00%
1982	0,06%	0,17%	0,00%	1,13%
1983	0,12%	0,10%	0,36%	0,00%
1984	0,56%	0,36%	0,00%	2,83%
1985	0,25%	0,57%	0,00%	5,09%
1986	0,56%	1,06%	0,36%	10,76%
1987	0,69%	1,28%	0,72%	6,79%
1988	0,94%	1,07%	1,44%	6,23%
1989	0,50%	1,25%	1,08%	6,79%
1990	0,37%	1,33%	1,44%	1,13%
1991	0,50%	1,16%	0,72%	6,23%
1992	0,87%	1,51%	0,72%	3,96%
1993	1,00%	1,47%	1,08%	3,40%
1994	3,00%	2,20%	1,44%	3,40%
1995	2,19%	2,41%	3,60%	2,83%
1996	1,31%	2,48%	1,80%	12,45%
1997	2,50%	2,50%	2,16%	6,23%
1998	2,87%	2,55%	3,24%	7,93%
1999	0,50%	1,87%	2,52%	6,79%

Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD PRT 2010-2013

Para poder obtener una estimación de la cantidad de maquinarias anteriores al año 2000, se utilizó la flota de equipos obtenidos de las base de datos de importaciones de aduanas. En esta BBDD existen dos campos de gran utilidad para realizar la extrapolación: a) Año de importación, b) Año de fabricación de las maquinas. Para que la extrapolación de la flota sea consistente con los porcentajes calculados en la tabla anterior, se considerarán las maquinarias que existen en Aduanas con año de fabricación entre los años 2000-2013. Esta flota es distribuida para cada uno de los años de fabricación anterior al año 2000 y vida útil, de acuerdo a los porcentajes presentados en la tabla anterior.

Realizado el cálculo se obtuvo una flota estimada de 26.181 maquinarias, de las cuales hay que eliminar 5.114 para no estar contabilizando dos veces la misma maquinaria en PRT, pues estas fueron importadas durante los años 2000-2013, pero tienen año de fabricación anterior al año 2000. A partir de lo anterior se obtuvo un total de **21.069** maquinarias anteriores al año 2000.

**Tabla 6.3 Cantidad de maquinarias estimadas con año de fabricación anterior al 2000.**

Rubro	Tipología	Cantidad
Agrícola-Forestal	Cargador De Troncos	28
	Cosechadora	1.563
	Otros Equipos Agrícolas	358
	Plataforma Telescópica	2
	Tractor Agrícola	7.585
Construcción	Asfaltadora	2
	Bulldozer	118
	Camión Fuera De Carretera	8
	Cargador Frontal	423
	Dumper	10
	Excavadora	590
	Grúa Horquilla	55
	Grúa Telescópica	55
	Manipulador	141
	Minicargador	1.094
	Miniexcavadora	5
	Motoniveladora	96
	Perforador	232
	Plataforma Telescópica	1.244
	Retroexcavadora	2.349
	Rodillo	339

Rubro	Tipología	Cantidad
Industrial	Cargador Frontal	4
	Grúa Horquilla	323
	Grúa Telescópica	27
	Manipulador	55
	Plataforma Telescópica	2.969
	Quitanieve	18
Minería	Camión Fuera De Carretera	37
	Cargador Frontal	112
	Excavadora	248
	Grúa Horquilla	4
	Manipulador	22
	Minicargador	123
	Motoniveladora	4
	Otros Equipos En Minas Subterráneas	12
	Perforador	405
	Plataforma Telescópica	34
	Retroexcavadora	375
<b>Total</b>		<b>21.069</b>

Fuente: Elaboración propia.

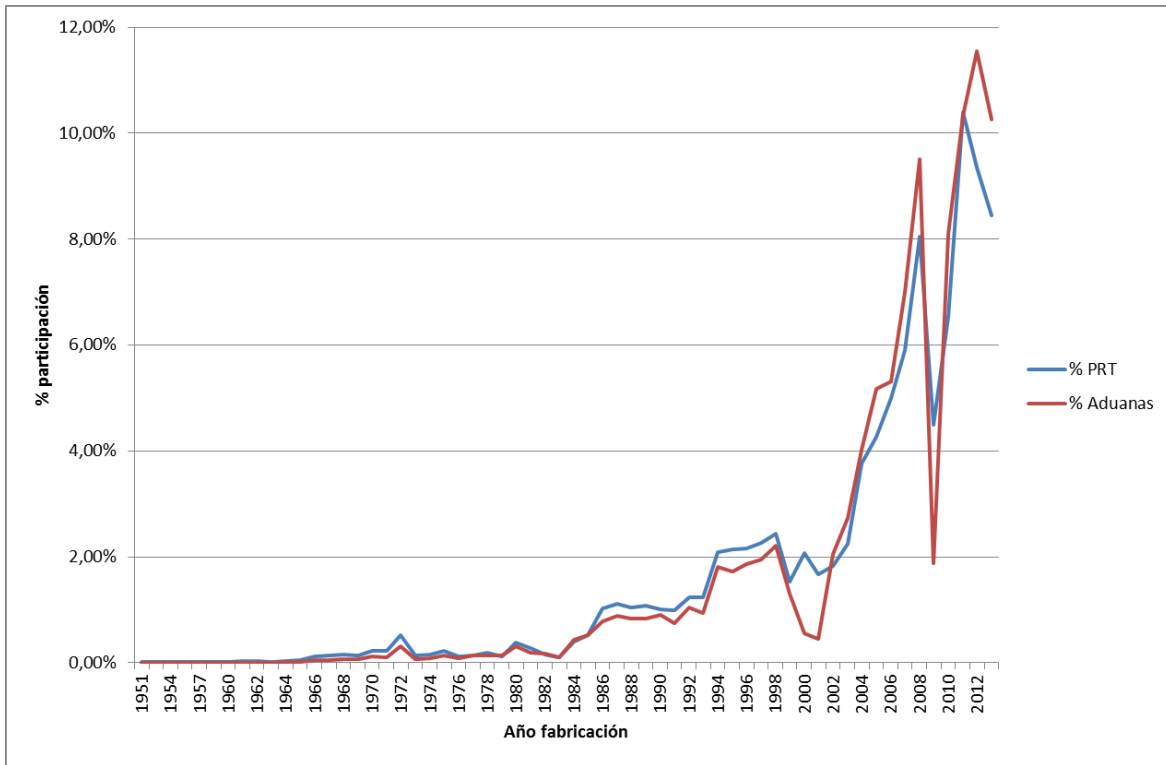
Para ver más detalles de la distribución de la maquinaria, ver **ANEXO VIII**.

### 6.2.1. COMPARACIÓN ANTIGÜEDAD ADUANAS VS PRT

En esta sección se comparan las antigüedades de las flotas, obtenidas por las bases de datos de PRT y la estimada en este informe (flota importaciones BBDD Aduanas más flota estimada anterior al año 2000). Para

realizar este ejercicio se utilizan las cantidades de las tipologías existentes en las BBDD de PRT y se comparan con las mismas tipologías existentes en la estimación realizada en este informe. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Figura 6.1 Comparación Antigüedades PRT más flota estimada**



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior se observa que la distribución de las antigüedades están correlacionadas entre sí, teniendo un sesgo promedio entre ambos de un año (Año promedio para la flota de PRT es 2004, año promedio para flota estimada es 2005).

Para ver más detalle de las tablas utilizadas para el cálculo de la gráfica anterior, ver **ANEXO IX**.

### 6.3. CANTIDAD FINAL

En esta sección se compila todo lo explicado anteriormente, para presentar la cantidad final de la flota de MMFR obtenida por Aduanas más la maquinaria vendida antes del 2000 y estimada a partir de la flota que se consigna en las plantas de revisión técnica. A continuación se presenta la cantidad final determinada de maquinaria fuera de ruta a utilizar para elaborar la línea base 2013.

**Tabla 6.4 Cantidad final maquinaria fuera de ruta 1983-2013, para elaboración línea base.**

Rubro	Tipología	Cantidad	Rubro	Tipología	Cantidad	
Agrícola-Forestal	Bulldozer	3	Industrial	Barredora	33	
	Camión Fuera De Carretera	4		Cargador Frontal	272	
	Cargador De Troncos	422		Excavadora	4	
	Cargador Frontal	61		Grúa Horquilla	4.037	
	Cosechadora	4.209		Grúa Telescópica	285	
	Excavadora	38		Manipulador	481	
	Grúa Horquilla	97		Minicargador	11	
	Grúa Telescópica	83		Plataforma Telescópica	6.490	
	Minicargador	18		Quitanieve	68	
	Miniexcavadora	2		Retroexcavadora	7	
	Otros Equipos Agrícolas	2.720		Rodillo	34	
	Plataforma Telescópica	22		Tractor	1	
	Retroexcavadora	23		Minería	Bulldozer	201
	Rodillo	6			Camión Fuera De Carretera	715
	Tractor Agrícola	38.409	Cargador Frontal		2.378	
Construcción	Asfaltadora	256	Dumper		9	
	Bulldozer	1.511	Excavadora		2.894	
	Camión Fuera De Carretera	353	Grúa Horquilla		224	
	Cargador Frontal	5.255	Grúa Telescópica		19	
	Dumper	48	Manipulador		284	
	Excavadora	6.007	Minicargador		1026	
	Grúa Horquilla	922	Miniexcavadora		33	
	Grúa Telescópica	816	Motoniveladora		266	
	Manipulador	998	Otros Equipos En Minas Subterráneas		355	
	Minicargador	6.935	Perforador		2.665	
	Miniexcavadora	315	Plataforma Telescópica		162	
	Motoniveladora	1.398	Quitanieve		2	
	Otros Equipos De Construcción	160	Retroexcavadora		2.400	
	Otros Equipos En Minas Subterráneas	122	Rodillo		43	
	Perforador	1.883	Tractor		7	
	Plataforma Telescópica	2.976	Zanjadora		10	
	Retroexcavadora	12.485	<b>Total</b>	<b>117.403</b>		
	Rodillo	3.421				
	Tractor	9				

Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD Aduanas 2000-2013 y PRT 2010-2013

## 7. DISEÑO DE ENCUESTAS Y RESULTADOS

### 7.1. DISEÑO DE ENCUESTAS

---

La información elaborada en el presente informe corresponde a datos de importaciones, con información proveniente de las partidas aduaneras correspondientes a MMFR, no obstante no toda la información necesaria para construir la línea base para la flota o para la modelación de las emisiones se ha encontrado en un 100% o en otros caso no se encuentra como parte de dicha información, por corresponder a parámetros de uso de la maquinaria y no a parte de sus especificaciones técnicas (Ejemplo: Factor de carga, Nivel de Actividad, etc.), o simplemente por ser información faltante o incompleta. Para estos casos ha sido necesario desarrollar supuestos razonables o utilizar los valores reportados en la bibliografía internacional (CORINAIR o EPA), que no necesariamente corresponden a los parámetros locales para esta maquinaria. En tal sentido, el presente estudio propone recopilar información desde la industria de la importación y comercialización de esta maquinaria. Lo anterior mediante un proceso de encuestas dirigido a los importadores y comercializadores de la maquinaria. Para ello se cuenta con el apoyo de la asociación de importadores agrupados a través de la ANAC.

A continuación se presenta los puntos principales a ser abordados por la encuesta a los importadores:

- **Ventas:** Se trata de tener datos de referencia de las ventas por quinquenio desde el año 2000, con el objetivo de validar los resultados obtenidos mediante las bases de importaciones de Aduanas. En esto también se busca contar con una participación de las ventas por regiones y por rubros (construcción, agrícola, minería, etc.), a fin de obtener una primera asignación geográfica y sectorial de la maquinaria, la cual será complementada en las siguientes etapas del estudio con información de actividad económica por sector económico y por región.
- **Vida media del motor:** Los motores se diseñan y construyen para operar una cantidad de horas a plena carga. Este parámetro se denomina vida media y para el cálculo de la línea base ha sido obtenido de los estudios realizados por ARB OFFROAD model, preparado por Energy and Environmental Analysis [EPA 2010]. La vida del motor depende del rango de potencia del motor, esperándose que para motores de mayor potencia la vida media sea mayor. Se representa como una vida media esperada, con una distribución del tipo normal en torno al valor medio. Este parámetro de vida media del motor es un valor que puede entregar el fabricante del equipo.
- **Nivel de Tecnología de la flota:** Un parámetro que no es posible de encontrar en la información de las importaciones de maquinaria fuera de ruta de Aduanas, es el estándar tecnológico de la MMFR. Esto porque no existe ninguna exigencia en este sentido que aplique a este tipo de maquinaria, ni tampoco algún tipo de registro que obligue a su declaración. No obstante se piensa que es posible aproximar una definición para la flota en este sentido mediante la consulta a los fabricantes e importadores de estos equipos. En concreto se preguntará a los importadores por la distribución de la maquinaria importada por nivel tecnológico, desde tecnología convencional hasta Stage IV o Tier 4.

- ***Nivel de Actividad:*** Representa el uso de la maquinaria en [horas/año]. Esta información es estimada a partir de trabajos de recopilación realizados en Estados Unidos y en Europa, pero por tratarse de un parámetro local se propone una pregunta a los usuarios locales en los distintos rubros.
- ***Factor de carga:*** La potencia nominal es el nivel máximo de potencia para el que un motor está diseñado producir a la velocidad nominal. No obstante los motores habitualmente funcionan a una variedad de velocidades y cargas y el funcionamiento a potencia nominal durante períodos prolongados es raro. Para tener en cuenta este efecto de la operación se utiliza un factor de Carga para indicar la proporción media de la potencia nominal utilizada. El factor de carga puede variar ampliamente en función de sus patrones de uso. Dado que el Factor de Carga tiene implicancias en el cálculo que hace el modelo de las emisiones y de la vida media de los equipos es importante que los datos de entrada del modelo en este punto sean lo más realista posibles. Para este efecto se consultará por las especificaciones del equipo (por ejemplo, marca y modelo del motor, aplicación, potencia del motor, antigüedad del equipo) y el consumo de combustible. Conocido el consumo del motor a máxima potencia se puede derivar, partir del consumo de combustible real del motor y el nivel de actividad, el factor de carga real.

Ver la encuesta a realizar a los importadores en el **ANEXO X**.

---

## 7.2. RESULTADOS ENCUESTAS

---

Las encuestas de maquinarias fuera de ruta se desarrollaron durante dos días a los importadores de equipos, los resultados son discutidos a continuación, para cada uno de los puntos de la encuesta discutidos en la sección 7.1 de este informe.

### 7.2.1. VIDA MEDIA MOTOR

Como se mencionó en capítulos anteriores, la vida media del motor hace referencia a la cantidad esperada de horas en la cual el motor cumple su ciclo de vida (Funcionando a plena carga). A continuación se presentan los resultados entregados por los importadores, los cuales son comparados con la vida media que los fabricantes de motores reportaron a la EPA.

**Tabla 7.1 Vida media en horas según información importadores e información internacional**

Rubro	Rango de potencia	Vida media (hrs)	
		Importadores	Internacional (EPA)
Construcción-Industrial	19 ≤ kW < 37	4.000	2.500
Construcción-Industrial	37 ≤ kW < 56	6.000	4.667
Construcción-Industrial	56 ≤ kW < 75	8.000	4.667
Construcción-Industrial	75 ≤ kW < 130	10.000	4.667
Construcción-Industrial	130 ≤ kW < 300	10.000	7.000
Construcción-Industrial	300 ≤ kW < 560	10.000	7.000
Agrícola-Forestal	19 ≤ kW < 37	5.000	2.500
Agrícola-Forestal	37 ≤ kW < 56	7.000	4.667
Agrícola-Forestal	56 ≤ kW < 75	9.000	4.667
Agrícola-Forestal	75 ≤ kW < 130	10.000	4.667
Agrícola-Forestal	130 ≤ kW < 300	12.000	7.000

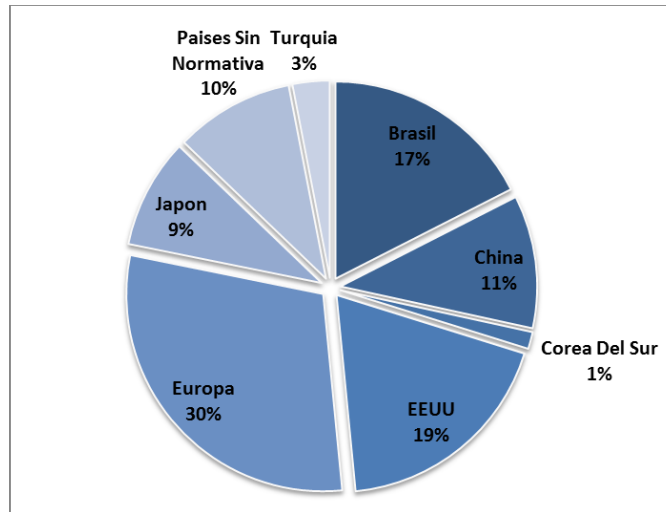
Fuente: Encuestas a importadores de maquinaria fuera de ruta

Al analizar la tabla se observa que la vida media nacional reportada por los importadores es mucho mayor que la expresada por la EPA. Como se explicó anteriormente la vida media es un parámetro que depende exclusivamente del rango de potencia, donde los motores más grandes viven más respecto a los pequeños. Por lo tanto si el motor trabaja a plena carga, independiente del rubro en el cual se desarrolle, debería tener vidas medias similares, lo que no se ve reflejado en la información entregada. Por lo tanto para el desarrollo del inventario de emisiones se utilizarán los parámetros reportados por los fabricantes de motores a la EPA.

### 7.2.2. NIVEL DE TECNOLOGÍA DE LA FLOTA

En los informes de avance anteriores, se había considerado como supuesto para el cálculo de emisiones que la maquinaria llegaba a Chile con 5 años de retraso, respecto al calendario normativo de la legislación europea. Sin embargo en las reuniones con los importadores se obtuvo información valiosa respecto al nivel tecnológico de la flota. Si bien las maquinarias llegan con cierto retraso tecnológico a nuestro país, el nivel normativo que cumplen las maquinarias depende además del país de procedencia del cual son importadas. A partir de lo anterior se revisó nuevamente la base de datos de aduanas, analizando los países de procedencia de las maquinarias y asignando un nuevo campo a la base, el cual es país según normativa, es decir, los países pertenecientes a la Unión Europea se les asignó como país norma, Europa, y los países en los cuales no existe ninguna regulación, se les denominó como países sin normativa. Los resultados según participación que se obtuvieron del total de la base de datos de aduanas 2000-2013, según país normativo de procedencia son:

**Figura 7.1 Participación países, según procedencia en flota aduanas 2000-2013**



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se observa que la mayor participación en las importaciones es proveniente de maquinarias de origen europeo, además las maquinarias provenientes de países como Brasil, China, Japón, Turquía y Corea del Sur, se rigen por el estándar europeo. De lo anterior un 71% de la flota importada entre el 2000-2013 cumple con el estándar europeo.

Resultados de las encuestas a los distribuidores es la siguiente:

**Tabla 7.2 Resultados años de retraso tecnológico según país de importación**

País origen MMFR	Sin norma	Tier 1/ Stage I	Tier 2/ Stage II	Tier 3/ Stage IIIA
Brasil				
China				
Corea del sur				
EEUU			4	4
Europa		5	3	3
Japón				4
Turquía				

Fuente: Encuestas a importadores de maquinaria fuera de ruta

Para los países para los cuales no se obtuvo información, en el desarrollo del inventario de emisiones, se considera el escenario regulatorio en el cual fue fabricada la maquinaria en su país de procedencia.



### 7.2.3. NIVEL DE ACTIVIDAD

Para el nivel de actividad los importadores entregaron la siguiente información, la cual es comparada con la reportada internacionalmente por la EPA.

**Tabla 7.3 Nivel de actividad reportada por los importadores de MMFR**

Tipología	Nivel de actividad en horas según			
	EPA	Derco	SKC	Finning
Asfaltadora	821			
Barredora	1.220			
Bulldozer	899			1.552
Camión Fuera De Carretera	1.641		3.769	2.048
Cargador De Troncos	1.276			989
Cargador Frontal	761	1.950	3.402	1.660
Cosechadora	100	1.000		
Dumper	566			
Excavadora	1.092	1.418	3.261	1.525
Grúa Horquilla	1.700	750		
Grúa Horquilla Todo Terreno	662			
Grúa Telescópica	990			
Manipulador	878	886		
Minicargador	818	874	1.500	
Miniexcavadora	1.100	874	1.500	1.014
Motoniveladora	962		2.130	1.216
Otros Equipos Agrícolas	381	800		
Otros Equipos De Construcción	606			112
Otros Equipos En Minas Subterráneas	1.533			
Perforador	466			
Plataforma Telescópica	384			
Quitanieve	40			
Retroexcavadora	1.135	1.413	1.500	699
Rodillo	760	600	1.200	606
Tractor	1.135			
Tractor Agrícola	475	1.300		1.919
Zanjadora	593			

Fuente: Encuestas a importadores de maquinaria fuera de ruta.

Se observa de la tabla que la información entregada por Derco y Finning son parecidas, sin embargo SKC sobre estima el nivel de actividad en todos los casos. Ahora si se analizan los resultados respecto a lo internacional, pero considerando un promedio entre la información entregada por los importadores (considerando los casos en que existe información de Derco y Finning, por tener menor dispersión entre su información), se obtiene:

**Tabla 7.4 Comparación niveles de actividad EPA con información importadores**

Tipología	EPA	Derco	Finning	Prom. importadores
Cargador Frontal	761	1.950	1.660	1.805
Excavadora	1.092	1.418	1.525	1.471
Miniexcavadora	1.100	874	1.014	944
Retroexcavadora	1.135	1.413	699	1.056
Rodillo	760	600	606	603
Tractor Agrícola	475	1.300	1.919	1.609

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se observa que los niveles de en promedio se los importadores y los reportados por la EPA no difieren mucho, salvo en el cargador frontal y el tractor agrícola que los importadores reportan el triple en el caso del tractor agrícola. De lo anterior y de la poca representatividad de la encuesta, se consideraran los valores internacionales de nivel de actividad para el desarrollo del inventario.

#### 7.2.4. FACTOR DE CARGA

El consumo de combustible junto con el nivel de actividad y la potencia nominal de la maquinaria, son datos importantes para determinar el factor de carga. A continuación se presenta a continuación para las maquinarias que poseen información de los 3 importadores.

**Tabla 7.5 Consumo de combustible según importadores.**

Tipología	Consumo combustible (lt/hr)		
	Derco	SKC	Finning
Cargador Frontal	26	17	40
Excavadora	26	22	27
Miniexcavadora	5	5	14
Retroexcavadora	7	10	7
Rodillo	7	15	13
Tractor Agrícola	10	-	30

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el consumo de combustible reportado por los importadores de maquinarias son diferentes entre sí, salvo en la retroexcavadora y rodillo que son similares. Por esta razón y por lo analizado en el punto anterior (nivel de actividad), existe mucha dispersión entre las fuentes de información, por lo tanto para el desarrollo del inventario línea base, se utilizará el factor de carga reportado por la EPA.

## 8. RESULTADOS EMISIONES AÑO BASE 2013

La línea base de emisiones es calculada con el método EPA, utilizando para ello los siguientes parámetros de modelación:

**Tabla 8.1 Parámetros de modelación modelo MMFR**

Parámetro	Valor
Nivel de Actividad	EPA
Factor de Carga	EPA
Factor Emisión	CORINAIR
Factor Transiente de Ajuste	EPA
Factor de Deterioro	EPA

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que se utilizan los factores de emisión CORINAIR, que son más altos como se discutió en 5.2.2., la evaluación se hace para el caso más desfavorable desde el punto de vista de las emisiones. Además como información de entrada del modelo se utilizan las potencias obtenidas para cada tipo de maquinaria de las BBDD aduanas.

Para el nivel normativo que cumplen las maquinarias, se utiliza la información proporcionada por los importadores, los cuales indican que las maquinarias provenientes de EEUU, Europa y Japón, tienen un retraso promedio de 4 años, respecto al calendario normativo que cumplen en su país. Para el resto de los países en los cuales no se obtuvo información, se utiliza como norma la equivalente a la regulación existente en su país, para el año en la cual fue fabricada la maquinaria.

En cuanto a la flota, conforme discutido en el capítulo 6, se cuenta por una parte con información de la flota en base a las importaciones 2000-2013 (96.334 MMFR), y por la otra una flota que incluye una estimación de la maquinaria anterior al 2000 en base a la información de PRT (117.403 MMFR). Constituyen a su vez estos dos casos un escenario favorable y otro desfavorable, desde el punto de vista de las emisiones.

### RESULTADOS AÑO BASE 2013 (Flota Aduanas)

Considerando la modelación de las emisiones en los términos descritos, los resultados para las emisiones año base 2013 considerando sólo la flota de aduanas 2000-2013 (96.334 maquinarias), es la siguiente:

**Tabla 8.2 Línea base 2013 maquinaria fuera de ruta nivel país sólo flota Aduanas 2000-2013**

	COV [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Agrícola-Forestal	1.153,61	4.942,67	7.342,92	897,20	870,29	596.543,08	18,28	24,90	37,99	1,42
Construcción	2.295,38	10.608,65	13.635,08	1.453,30	1.409,70	1.413.628,87	43,31	58,58	88,07	3,35
Industria	436,65	2.276,15	2.450,95	286,15	277,56	270.406,37	8,29	11,20	16,53	0,64
Minería	1.005,26	4.819,58	6.895,72	677,01	656,70	749.047,67	22,95	31,72	47,66	1,81
<b>Total País</b>	<b>4.890,90</b>	<b>22.647,04</b>	<b>30.324,67</b>	<b>3.313,66</b>	<b>3.214,25</b>	<b>3.029.626,00</b>	<b>92,83</b>	<b>126,41</b>	<b>190,25</b>	<b>7,22</b>

Fuente: Elaboración propia

### RESULTADOS AÑO BASE 2013 (Flota Aduanas más maquinarias estimadas por PRT)

Por otra parte para el año base 2013 considerando la flota estimada anterior al 2000, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 8.3 Línea base 2013 maquinaria fuera de ruta nivel país Flota Aduanas más PRT**

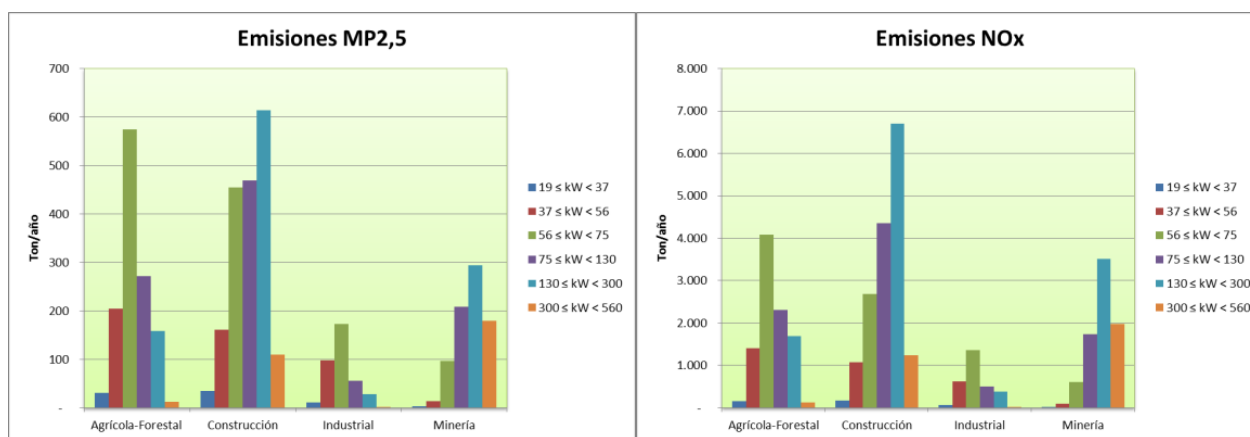
	COV [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Agrícola-Forestal	1.522,13	6.290,72	9.765,43	1.289,41	1.250,73	741.523,44	22,72	30,97	50,05	1,77
Construcción	2.774,25	12.118,35	16.210,93	1.899,30	1.842,32	1.566.079,12	47,98	64,74	99,73	3,70
Industria	544,76	2.612,43	2.950,46	377,85	366,51	300.429,27	9,21	12,39	18,81	0,71
Minería	1.141,54	5.264,86	7.930,85	821,17	796,54	808.939,77	24,79	34,24	52,39	1,96
<b>Total País</b>	<b>5.982,68</b>	<b>26.286,37</b>	<b>36.857,67</b>	<b>4.387,73</b>	<b>4.256,10</b>	<b>3.416.971,60</b>	<b>104,70</b>	<b>142,34</b>	<b>220,98</b>	<b>8,13</b>

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se observa que la maquinaria estimada a través de PRT anterior al año 2000, tiene un gran impacto en las emisiones, pues son todas maquinarias sin nivel tecnológico, incrementándose entre los dos escenarios de flota un 32% el MP y un 21% el NOx.

A continuación se presenta la distribución de las emisiones por rubro y rango de potencia, para el total País, considerando la flota de Aduana con PRT.

**Figura 8.1 Emisiones total país por rubro y rango de potencia.**

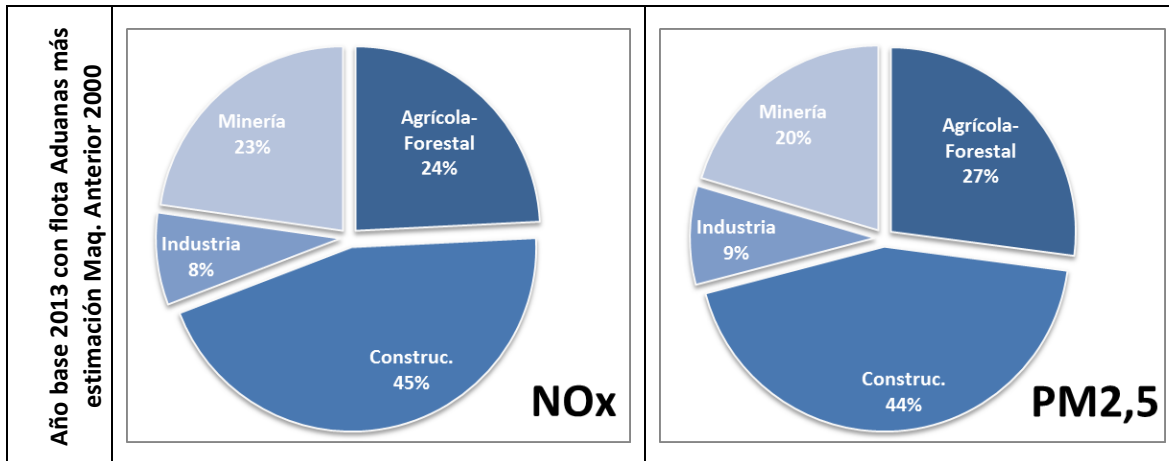


Fuente: Elaboración propia

Observando la gráfica anterior se aprecia que los mayores aportes de emisiones se encuentran en los sectores Construcción, primero, y Agricultura-Forestal, segundo. A su vez dentro de estos dos rubros los rangos de potencia relevantes en términos de aporte de emisiones están entre 56 y 300 kW. En el caso de agricultura, el rango 37-56 kW también es relevante.

A continuación se presentan las participaciones por rubro en porcentaje.

**Figura 8.2 Porcentaje de participación según rubro de NOx y MP2,5, nivel país**



Fuente: Elaboración propia

## 8.1. ASIGNACIÓN GEOGRAFICA

Para asignar la maquinaria fuera de ruta a nivel regional, de la que se dispone información a nivel nacional a través de información de aduanas y criterios de distribución por rubro, se establecerá la asignación de ella de acuerdo al nivel de actividad por cada rubro. Para establecer que indicadores son los más idóneos para dicha asignación se estudiará lo realizado por la EPA en este tema, en relación a Off-Road. Luego se presentará la información disponible a nivel nacional según la designación de equipos realizada por este organismo internacional.

EPA utiliza tres tipos básicos de datos que son potencialmente útiles como factores de asignación: Población humana y sus ingresos asociados, datos de las viviendas, la actividad empresarial, y datos geográficos. Los datos geográficos incluyen factores relacionados con la ubicación de un área o características físicas. Tales factores incluyen agua o superficie de la tierra, datos meteorológicos y datos de uso de la tierra.

### 8.1.1. INDICADORES MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Inicialmente, la EPA plantea usar el número de empleados dedicados a la construcción por condado, para asignar geográficamente equipos de construcción. Sin embargo, el uso de este indicador puede conducir a errores en la estimación de la población de equipos de construcción, porque los empleados de construcción y equipos, se trasladan mucho de un proyecto a otro, a menudo cruzan los límites regionales.

Un indicador alternativo de la actividad de los equipos de la construcción, que plantea la EPA, es el **valor en dólares de construcción**. Valor en dólares de la construcción es un buen reflejo de la actividad, ya que existe una relación proporcional entre el valor en dólares de la construcción y la cantidad de actividad de construcción en un área determinada. Además, el uso del valor en dólares de la construcción refleja cómo se distribuyen los equipos de construcción, indicando donde se están utilizando realmente.

A partir de lo anterior, se recopilaron datos nacionales para el desarrollo de los indicadores a utilizar en el presente estudio. La Información obtenida se obtuvo desde las proyecciones sectoriales realizadas en el Match 34 de la Cámara Chilena de La Construcción (CChC), del año 2011, proyectados a 2013. Dichos valores están expresados en millones de dólares, y se presentan por cada región a nivel nacional.

La tabla a continuación presenta la inversión en el rubro en miles de pesos.

**Tabla 8.4 Gasto en construcción en millones de Dólares. 2013**

Región	Gasto en Construcción 2013	Participación 2013
XV	2	0,02%
I	657	7,97%
II	2579	31,29%
III	2709	32,87%
IV	74	0,90%
V	276	3,35%
RM	655	7,95%
VI	257	3,12%
VII	189	2,29%
VIII	369	4,48%
IX	85	1,03%
XIV	185	2,24%
X	84	1,02%
XI	0	0,00%
XII	33	0,40%
Interregional	87	1,06%
<b>Total País</b>	<b>8.241</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Mach 34, CChC

Al observar estas estadísticas, se evidencia que el gasto en construcción de la Región Metropolitana corresponde a cerca de un 8% del total país, lo que no refleja la distribución proporcionada por los importadores en el estudio [Geasur 2013]. Quienes señalan que dicha proporción está en torno al 50%. Esto puede deberse a que tal vez se incluyan en estas cifras las de inversión en proyectos mineros, los que en nuestra clasificación corresponden a la maquinaria de la minería. Esto explicaría las altas cifras en la II y III regiones.

Debido a lo anterior, el consultor recabó información de los permisos de edificación autorizados desde las estadísticas oficiales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), que presenta en su versión extensa las estadísticas autorizadas del sector privado y público, en metros cuadrados, para obras nuevas y ampliaciones por destino, para permisos de más de 1.000 m<sup>2</sup>, por región para el año 2012.

La siguiente tabla refleja la información antes descrita.

**Tabla 8.5 Edificación autorizada sector público y privado, en metros cuadrados. 2012**

Región	Edificación Total 2012	Participación 2012
XV	98666	1,00%
I	442878	3,00%
II	675957	5,00%
III	598118	4,00%
IV	554.047	4,00%
V	1232220	8,00%
RM	7.079.134	48,00%
VI	629.294	4,00%
VII	983798	7,00%
VIII	1.477.112	10,00%
IX	468349	3,00%
XIV	112.220	1,00%
X	283240	2,00%
XI	26.135	0,00%
XII	79423	1,00%
<b>Total País</b>	<b>14.740.591</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: [www.ine.cl](http://www.ine.cl)

### 8.1.2. INDICADORES MAQUINARIA AGRÍCOLA-FORESTAL

Para esta categoría, la EPA utilizar los *superfici de tierras de cultivo cosechado* para asignar la población de equipos agrícolas. El uso de la cantidad de tierras de cultivo cosechado como un factor de asignación es un buen predictor de la actividad de equipo agrícola, ya que generalmente existe una relación proporcional entre la cantidad de tierras de cultivo cosechado y la cantidad de actividad para preparar la tierra, plantar, mantener y cosechar los cultivos. Sin embargo, la cantidad de tierras de cultivo cosechado no necesariamente es un predictor preciso de la población de equipos agrícolas por varias razones. En primer lugar, la misma cantidad de tierras de cultivo en un lugar puede ser arada, plantada y cosechada por unos pocos equipos grandes o varios más pequeños. En segundo lugar, la cantidad de equipos presentes en un lugar puede ser más dependiente del número de explotaciones que de la cantidad de superficie cosechada. Luego, y puesto que el propósito del modelo es estimar los niveles de emisión, y dado que las emisiones están más directamente asociadas con los niveles de actividad que con las poblaciones de equipo, la EPA considera que la cantidad de tierras de cultivo cosechado es un factor de asignación adecuada.

Para el desarrollo de los indicadores nacionales se utiliza la información disponible de las superficies sembradas a nivel regional en las estadísticas reportadas por el INE y corroboradas por la ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). Los datos está disponible para los años agrícolas 1979/1980 al 2013/2014. Para la distribución regional de la actividad agrícola del presente estudio se considera el año agrícola 2013/2014.

Por otra parte para los equipos forestales, a pesar que en la EPA no se hace referencia a la asignación del rubro forestal, se decidió en la misma línea de la asignación agrícola, hacer la distribución regional a través de “**Superficie Forestada y Reforestada, 2013 por Hectárea**” la información fue obtenida para el año 2013, desde las estadísticas de la página Web de la Corporación Nacional Forestal (Conaf).

Los indicadores Agrícola y forestal, son unidos de acuerdo a la participación que tiene cada uno en términos de maquinaria en la flota (98% Agrícola y 2% Forestal)

A continuación se presenta lo enunciado:

**Tabla 8.6 Superficie Forestada y Reforestada a nivel regional 2013, en hectáreas.**

Región	Agrícola <sup>(1)</sup>	Forestal <sup>(2)</sup>	Agrícola-Forestal
XV	0,08%	0,03%	0,08%
I	0,08%	0,00%	0,08%
II	0,08%	0,02%	0,08%
III	0,08%	0,06%	0,08%
IV	0,50%	0,06%	0,49%
V	0,60%	2,28%	0,64%
RM	3,00%	0,24%	2,93%
VI	9,70%	2,07%	9,51%
VII	16,30%	19,04%	16,37%
VIII	24,80%	48,01%	25,37%
IX	36,20%	18,50%	35,76%
XIV	3,80%	7,65%	3,90%
X	4,60%	1,95%	4,53%
XI	0,08%	0,03%	0,08%
XII	0,08%	0,05%	0,08%

Fuente: (1) INE. Estimación de superficie sembrada a nivel regional año agrícola 2013/2014

(2) Bases estadísticas CONAF. 2013

### 8.1.3. INDICADORES MAQUINARIA INDUSTRIAL

En relación a la maquinaria industrial la EPA utiliza el **número de empleados en el sector manufacturero**. Estos son un buen predictor según la EPA dado que las empresas manufactureras no se trasladan de lugar geográfico como en el caso de las del rubro de la construcción.

A nivel nacional se cuenta con la información de ocupados por rama de actividad económica, por regiones para el año 2013, dichas estadísticas son obtenidas desde el INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

La tabla a seguir presenta los ocupados del sector industrial, en miles de personas y el porcentaje de participación en cada región.



**Tabla 8.7 Ocupados sector industrial, por Regiones. En miles de personas. 2013**

Región	Ocupados 2013 Industria	Participación 2013/2014
XV	5	0,60%
I	10	1,10%
II	25	2,80%
III	10	1,10%
IV	19	2,10%
V	66	7,30%
RM	449	49,40%
VI	33	3,60%
VII	41	4,50%
VIII	107	11,70%
IX	47	5,10%
XIV	24	2,70%
X	61	6,70%
XI	6	0,60%
XII	6	0,60%
<b>Total País</b>	<b>909</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: INE. Ocupados por rama de actividad económica. 2013

#### 8.1.4. INDICADORES MAQUINARIA MINERA

Para asignar la población de equipos de minería y actividad del sector, la EPA utiliza como indicador las **toneladas de producción de carbón**. En estudios anteriores la EPA consideró a los empleados como un indicador, sin embargo se refleja el mismo problema de la construcción al existir faenas por períodos que no necesariamente reflejan la actividad.

A nivel nacional se cuenta con la información de la producción metálica de minerales, la que es medida en Toneladas Métricas de contenido Fino (tmf). Esta es la única información disponible a nivel regional. Para el presente estudio se utilizarán las tmf de cobre. Información disponible por regiones al año 2013, en las estadísticas de producción minera del Ministerio de Minería (<http://www.sernageomin.cl/sminera-estadisticasprod.php>).

**Tabla 8.8 Producción de cobre por regiones, 2013 (tmf)**

Región	Producción de Cobre	Participación 2013
XV	647	0,01%
I	587881	10,05%
II	3048303	52,10%
III	420992	7,20%
IV	577495	9,87%
V	329422	5,63%
R.M.	415784	7,11%
VI	470596	8,04%
<b>TOTALES</b>	<b>5.851.120</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Sernageomin. 2013

## 8.2. ESTIMACIÓN DE MAQUINARIAS POR REGIÓN

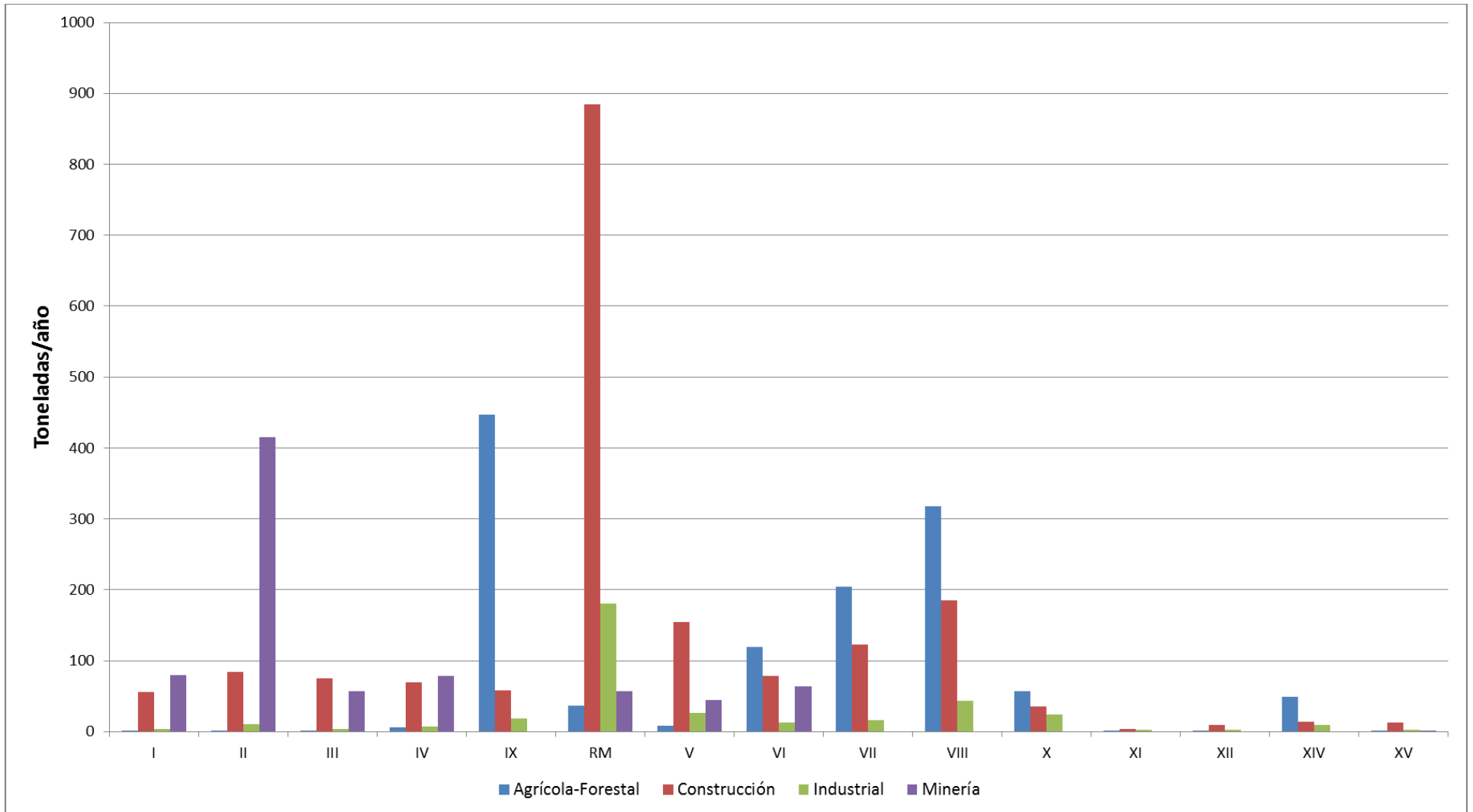
Los indicadores presentados en el capítulo anterior son utilizados para asignar geográficamente la maquinaria fuera de ruta obtenida en la línea base a cada una de las regiones del país. Los resultados se presentan para la flota sólo de Aduanas y para la flota de Aduanas más PRT (anteriores al 2000). Además se grafican las emisiones por región y rubro para cada uno de los escenarios.

**Tabla 8.9 Cantidad Maquinaria (Flota Aduanas más PRT), según tipología y región, Año 2013.**

Tipología	Cantidad Maquinaria por región														
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
Asfaltadora	2	8	12	10	10	21	123	11	17	26	8	2	5	0	1
Barredora	0	0	1	0	1	2	16	1	1	4	2	1	2	0	0
Bulldozer	10	66	174	76	77	138	740	81	101	152	49	12	29	3	8
Camión Fuera De Carretera	2	82	389	66	84	70	220	73	24	36	13	3	7	1	2
Cargador De Troncos	0	0	0	0	2	3	12	40	69	107	151	16	19	0	0
Cargador Frontal	37	400	1.487	387	438	593	2.829	431	373	574	203	50	122	11	30
Cosechadora	3	3	3	3	21	27	123	400	689	1.068	1.505	164	191	3	3
Dumper	0	2	7	3	3	5	24	3	3	5	2	0	1	0	0
Excavadora	41	471	1.783	452	512	666	3.094	493	407	612	205	47	117	11	32
Grúa Horquilla	28	95	270	98	142	383	2.456	213	259	592	273	117	293	28	32
Grúa Telescópica	7	30	55	38	39	91	536	55	81	136	70	17	39	3	6
Manipulador	9	64	207	66	76	134	737	83	88	157	57	20	51	5	9
Minicargador	47	312	853	355	362	638	3.409	381	466	701	227	54	135	12	37
Miniexcavadora	2	13	32	15	15	28	154	16	21	32	11	2	6	1	2
Motoniveladora	9	69	203	76	79	132	690	81	93	140	44	11	27	2	8
Otros Equipos Agrícolas	2	2	2	2	13	17	80	259	445	690	973	106	123	2	2
Otros Equipos De Construcción	1	5	7	6	6	13	77	7	11	16	5	1	3	0	1
Otros Equipos En Minas Subterráneas	1	39	191	30	40	30	84	34	8	12	4	1	2	0	1
Perforador	13	324	1.475	268	334	307	1.094	295	126	189	60	14	36	3	10
Plataforma Telescópica	56	177	399	204	264	729	4.647	378	495	1.068	438	195	494	48	59
Quitanieve	0	1	3	1	2	5	34	3	3	8	4	2	5	0	0
Retroexcavadora	84	616	1.823	679	706	1.179	6.171	728	837	1.258	405	96	241	22	67
Rodillo	23	107	180	142	134	291	1.663	151	231	348	113	27	68	6	19
Tractor	0	1	4	1	1	1	5	1	1	1	0	0	0	0	0
Tractor Agrícola	32	31	31	32	188	246	1.126	3.653	6.287	9.746	13.736	1.496	1.742	31	32
Zanjadora	0	1	5	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total general</b>	<b>411</b>	<b>2.920</b>	<b>9.597</b>	<b>3.014</b>	<b>3.546</b>	<b>5.752</b>	<b>30.145</b>	<b>7.872</b>	<b>11.138</b>	<b>17.678</b>	<b>18.556</b>	<b>2.455</b>	<b>3.759</b>	<b>196</b>	<b>363</b>

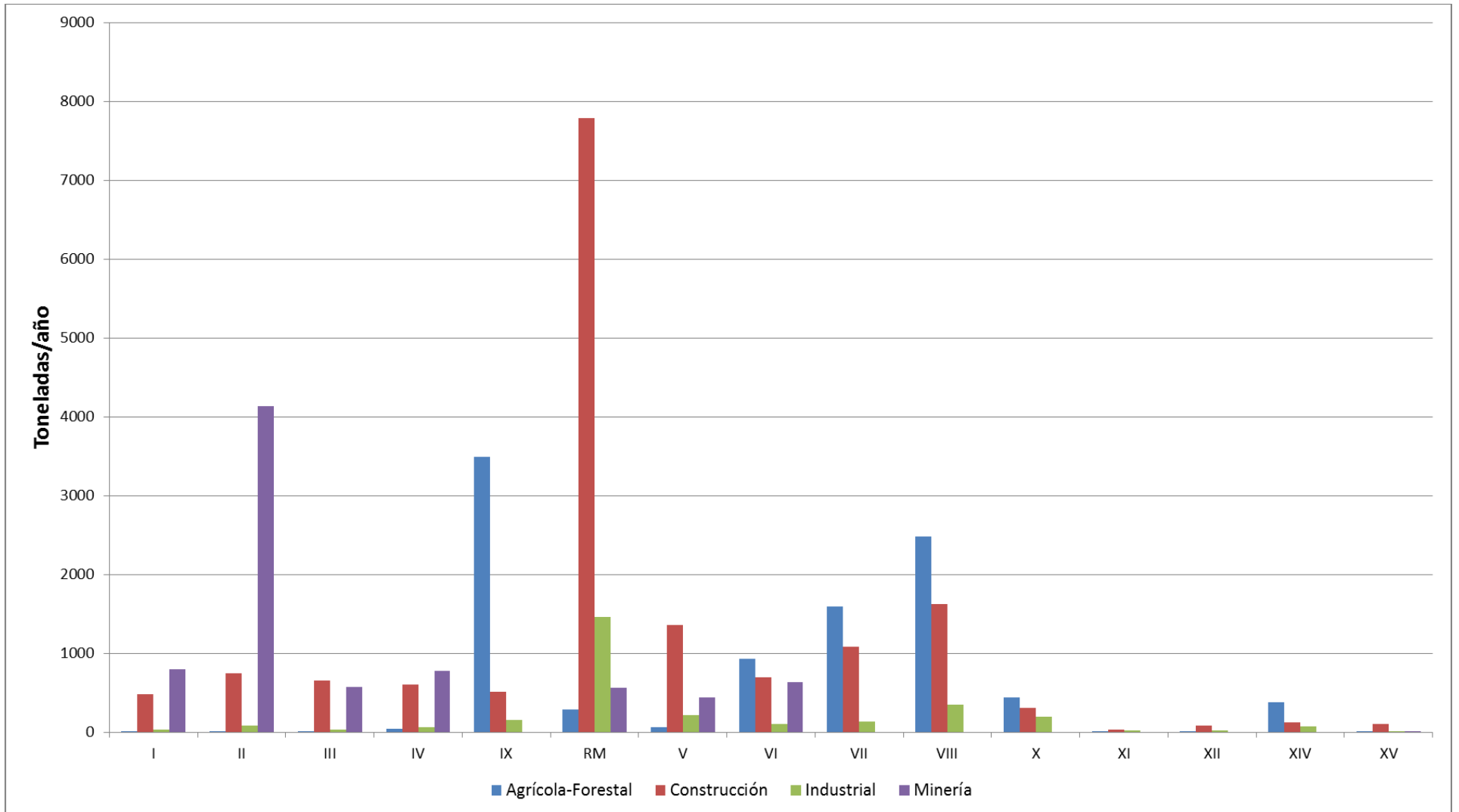
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.3 Emisiones de material particulado fino según rubro y región, año base 2013, Flota Aduanas más PRT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.4 Emisiones de NOx según rubro y región. año base 2013, Flota Aduanas más PRT.



Fuente: Elaboración propia.

Para mayor detalle de las emisiones para el año 2013 según rubro y contaminante, ver **Anexo XI**. Además en este informe se anexa fichas por región que entregan información más detallada para el año 2013 y la proyección para los diferentes escenarios de regulación que se presentan en capítulo siguiente (**Anexo XII**), considerando la flota de importaciones más maquinaria estimada anterior al 2000.

En todo caso en los gráficos precedentes se puede observar que los mayores impactos por emisiones de MMFR se producen en los siguientes casos:

- En primer lugar el sector construcción en la RM, con cerca de 900 [ton/año] de MP2.5 y de 8.000 [ton/año] de NOx.
- En segundo lugar el sector minería en la II Región, con cerca de 400 [ton/año] de MP2.5 y de 4.000 [ton/año] de NOx.
- En tercer lugar el sector agricultura-forestal en las regiones IX y VIII.

### 8.3. ANALISIS RESULTADOS AÑO BASE 2013

Ahora para observar el efecto que tienen las emisiones de la maquinaria fuera de ruta, se realiza una comparación de los resultados obtenidos en la línea base para el año 2013 para ambos escenarios, con la información reportada en el RETC (Registro de emisiones y transferencia de contaminantes) a nivel nacional, proveniente de todas las fuentes contaminantes (móviles y fijas).

**Tabla 8.10 Comparación información con RETC 2012.**

	COV [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM <sub>10</sub> [Ton]	PM <sub>2,5</sub> [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]
MMFR 2013 sólo Aduanas	4.890,90	22.647,04	30.324,67	3.313,66	3.214,25	3.029.626,00	92,83
MMFR 2013 sólo Aduanas más las maquinarias estimadas <2000	5.982,68	26.286,37	36.857,67	4.387,73	4.256,10	3.416.971,60	104,7
Fuentes móviles (RETC 2012) <sup>15</sup>	30.473,28	372.881,05	83.471,14	1.121,74	1.115,07	6.964.568,02	110,71

Fuente: Elaboración propia, a partir de [RETC 2012] y línea base Geasur.

De la tabla anterior y considerando sólo las emisiones provenientes del escape, se observa que las MMFR, para la flota de Aduanas, emiten respecto a todas las fuentes móviles del país un equivalente al 36% de NOx y un 288% en el PM2,5, es decir, casi tres (3) veces las emisiones de fuentes móviles. Ahora si comparamos los resultados de las emisiones obtenidas considerando la estimación de maquinaria anterior al año 2000, se obtienen que la MMFR emiten respecto a todas las fuentes móviles del país un equivalente al 44% de NOx y un 382% en el PM2,5, es decir, casi cuatro (4) veces las emisiones de fuentes móviles. Estas cifras son preocupantes, puesto que las MMFR son 117.403 máquinas (si se considera las maquinarias de Aduanas más las

<sup>15</sup> Se consideran solo las emisiones provenientes del tubo de escape de los vehículos y las partidas en frío.

estimadas anteriores al 2000), lo que representa un 2,8% de la flota on-road (el parque de vehículos en ruta es de 4.142.981. Fuente: INE 2013).

Para analizar la validez de estos resultados se compara a continuación el consumo de combustible asociado, según este escenario del modelo, a MMFR País con los totales de consumo según el Informe Estadístico de la SEC.

La SEC publica anualmente el Informe Estadístico de las ventas totales de combustibles líquidos por Región del País, tipo de combustible, canal de distribución y tipo de usuario. A continuación se describen dichas categorías:

**Tabla 8.11 Tipo de combustible y canal de distribución**

REGIÓN DEL PAÍS	TIPO DE COMBUSTIBLE	CANAL DE DISTRIBUCIÓN
Todas las Regiones del País	GASOLINA_93_SP	· VENTAS DIRECTAS ENAP
	GASOLINA_95_SP	
	GASOLINA_97_SP	· VENTAS COMPAÑÍAS DISTRIBUIDORAS:
	GASOLINA_AVIACION_100-130	Usuarios: ventas a industriales, comercio o particulares
	KEROSENE_AVIACION	· USUARIOS: Ventas a Industriales, Comercio o Particulares.
	KEROSENE_DOMESTICO	· EMPRESAS DE TRANSPORTE: Ventas a empresas de transporte por calles y caminos.
	P_COMBUSTIBLE_	· RANCHOS: Ventas a barcos y aviones.
	P_COMBUSTIBLE_5	· CANAL MINORISTA: Ventas a estaciones de servicio y locales de venta al público en general.
	P_COMBUSTIBLE_6	· CONSUMO INTERNO: Consumos propios de las Empresas Distribuidoras.
	P_DIESEL	
	P_DIESEL_A1	
	P_DIESEL_B	
	P_DIESEL_INVERNAL	
	GASOLINA_93_SP	
GASOLINA_95_SP		

Fuente: Elaboración propia, a partir de informe estadístico SEC 2013.

Para el caso del presente estudio se considerarán sólo los petróleos diésel, pues se trata de motores de combustión interna destinados a trabajar con este tipo de combustible (P\_DIESEL, P\_DIESEL\_A1, P\_DIESEL\_B, P\_DIESEL\_INVERNAL).

Como se observa en la tabla anterior, se cuenta con dos grandes canales de distribución: ventas ENAP y Compañías distribuidoras. Respecto de las ventas ENAP, las estadísticas no cuentan con información del tipo de uso final, por lo que podrían incluirse MMFR dentro de los usos finales. Dentro de las ventas de las compañías distribuidoras es posible encontrar una desagregación que apunta al uso final del combustible, pero obviamente no al punto de especificar a la MMFR como usuario final. En este caso el Consultor estima que la MMFR cabe

dentro del concepto de USUARIOS Y CANAL MINORISTA, conforme la definición que la SEC hace para dichas categorías.

A continuación se presenta una comparación de los consumos totales y por regiones, en las categorías mencionadas, con las del modelo MMFR

**Figura 8.5 comparación consumos totales por región respecto resultados modelo MMFR.**

	MMFR Agrícola- Forestal	MMFR Construcción	MMFR Industrial	MMFR Minería	Total MMFR	Ventas ENAP	Ventas a Usuarios	Ventas a Minoristas	Total Diesel (ENAP + Usuario + Minorista)	Ventas Empresas Transporte	Ventas a Ranchos	Total Ventas Diesel	Porcentaje consumo Diesel MMFR
Arica y Parinacota	226	3.887	613	33	<b>4.759</b>	-	44.742	28.079	<b>72.821</b>	13.736	553	<b>87.110</b>	5%
Tarapaca	224	17.449	1.226	30.107	<b>49.006</b>	-	440.286	45.450	<b>485.736</b>	35.614	1.896	<b>523.246</b>	9%
Antofagasta	225	26.632	3.065	156.113	<b>186.035</b>	-	1.663.797	134.319	<b>1.798.116</b>	144.152	6.992	<b>1.949.259</b>	10%
Atacama	228	23.566	1.226	21.560	<b>46.580</b>	-	384.706	81.124	<b>465.831</b>	87.211	910	<b>553.952</b>	8%
Coquimbo	1.346	21.829	2.329	29.575	<b>55.080</b>	-	219.197	130.897	<b>350.094</b>	43.594	685	<b>394.373</b>	14%
Valparaíso	1.765	48.549	8.090	16.871	<b>75.275</b>	84.220	284.481	206.965	<b>575.666</b>	130.499	20.533	<b>726.698</b>	10%
Libertador Bernardo OHiggins	26.179	24.794	4.045	24.101	<b>79.119</b>	26.012	126.232	135.001	<b>287.245</b>	80.750	-	<b>367.994</b>	21%
Maule	45.049	38.761	5.026		<b>88.836</b>	26.381	64.696	202.689	<b>293.766</b>	62.203	-	<b>355.969</b>	25%
Biobío	69.835	58.198	13.116		<b>141.148</b>	47.838	259.743	251.692	<b>559.273</b>	220.934	11.865	<b>792.071</b>	18%
La Araucanía	98.430	18.453	5.761		<b>122.644</b>	-	59.641	132.385	<b>192.026</b>	58.216	-	<b>250.243</b>	49%
Región de los Ríos	10.721	4.421	2.942		<b>18.084</b>	-	75.225	52.629	<b>127.854</b>	24.906	1.345	<b>154.105</b>	12%
Los Lagos	12.480	11.160	7.478		<b>31.118</b>	-	143.448	154.961	<b>298.409</b>	72.413	35.989	<b>406.811</b>	8%
Aisén	225	1.030	735		<b>1.991</b>	-	63.500	32.439	<b>95.938</b>	6.560	5.208	<b>107.707</b>	2%
Magallanes	227	3.129	735		<b>4.092</b>	14.539	56.233	29.774	<b>100.547</b>	15.170	34.294	<b>150.012</b>	3%
Metropolitana	8.070	278.915	55.039	21.294	<b>363.317</b>	69.975	378.468	630.140	<b>1.078.583</b>	471.086	1.313	<b>1.550.982</b>	23%
<b>Total</b>	<b>275.229</b>	<b>580.773</b>	<b>111.427</b>	<b>299.655</b>	<b>1.267.084</b>	<b>268.965</b>	<b>4.264.395</b>	<b>2.248.544</b>	<b>6.781.904</b>	<b>1.467.045</b>	<b>121.583</b>	<b>8.370.532</b>	<b>15%</b>

Fuente: Elaboración propia, a partir de informe estadístico SEC 2013.

Como se observa de la tabla anterior, el consumo de combustible estimado por el modelo MMFR para toda la maquinaria para el año base 2013, representa el 15% del combustible Diésel consumido en el País para dicho año. Este porcentaje varía de región en región, como también el sector predominante en el uso de la maquinaria. Es así como para la Región de Aisén, la MMFR representa sólo el 2% del consumo, mientras que para la Región de la Araucanía alcanza el 50%, predominantemente debido al sector agrícola.

Para explicar el alto impacto de la MMFR en las emisiones evaluamos a continuación el factor de emisión promedio de las flotas MMFR en la RM y de vehículos en ruta, éste último según los resultados Modem para la provincia de Santiago.

**Tabla 8.12 Comparación factores de emisión promedio flota RM**

Tipo de emisor	Consumo MMFR [m3/año]	Emisiones MP2.5 [Ton/año]	FE MP2.5 [g/kg-fuel]
MMFR	363317	1.159	4
Vehículos en ruta	810534	749	1

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, por Kg de combustible consumido, la MMFR emite 4 veces más que la flota de vehículos en ruta, lo que es razonable, o incluso una diferencia escasa, si se considera las condiciones normativas entre MMFR y los vehículos de carretera. En Beijing por ejemplo, los factores de emisión para MMFR varía entre 0.155 – 1.794 g/kg fuel, lo que es bastante menos que lo observado, encontrándose al nivel del resultado obtenido para emisiones en ruta.

Otra comparación de este resultado de emisiones es con el Reino Unido, que presenta en total emisiones de escape de MP2.5, para toda su flota MMFR, de 6.004 [Ton/año]. Si se compara con el resultado obtenido para la flota MMFR más PRT, se observa que nuestras emisiones representan un 73% de aquellas. Esto es demasiado si se compara el PIB de Gran Bretaña que es cerca de 8 veces el nuestro. Corrigiendo por este factor de PIB, se concluye que la flota MMFR de Chile emite en promedio 5,8 veces más que la del Reino Unido. No obstante se observa también que las Emisiones de MP2.5 de MMFR representan un 20% menos que las de ruta.

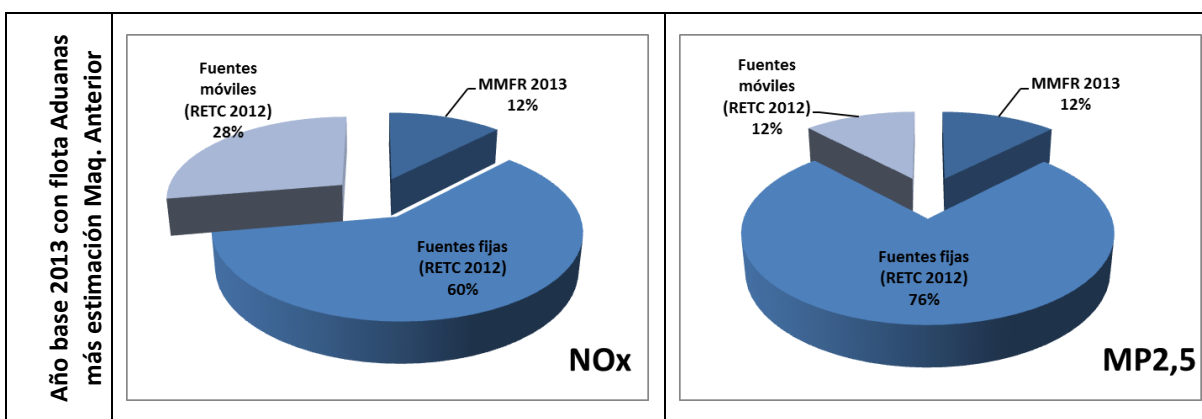
**Tabla 8.13 Comparación emisiones Reino Unido**

Reino Unido	Ton	%
MMFR	6.004	41%
Fuentes Móviles de Carretera	8.768	59%
<b>Total</b>	<b>14.808</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas siguientes se realiza un análisis comparativo, para establecer el impacto que tienen las maquinarias móviles fuera de ruta en el total de las emisiones, para los contaminantes que tienen mayor impacto en la salud, NOx y PM2,5.

**Figura 8.6 Participación de las emisiones de NOx y MP2,5. Según fuente emisora.**



Fuente: RETC2012<sup>16</sup> y resultados inventario MMFR.

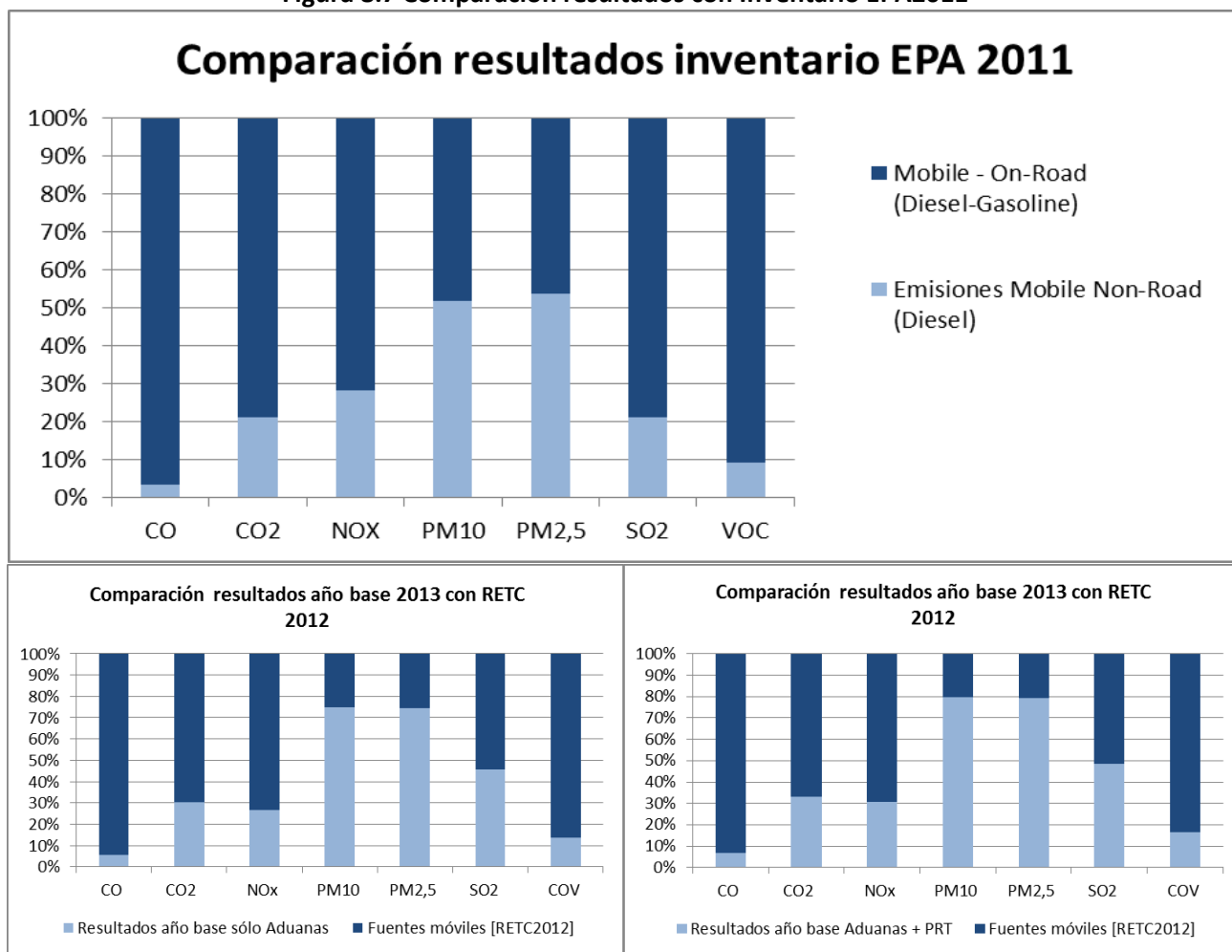
<sup>16</sup> Las emisiones fuentes fijas contempla: emisiones fugitivas y descarga por chimenea. Respecto a las fuentes móviles se consideran las emisiones provenientes del tubo de escape de vehículos, polvo natural, desgaste de frenos y neumáticos, evaporativas durante el recorrido, detenciones en caliente, evaporativas durante el día, balance frío/caliente, partidas en frío y vehículos en general.



En la figura anterior se observa lo enunciado anteriormente, el material particulado fino proveniente de las MMFR, esta entre 10%-12% del total de emisiones y representa en el caso más la misma cantidad de emisiones que todas las emisiones de las fuentes móviles.

A continuación se realizara una comparación en tres (3) gráficas. La primera muestra los resultados presentados por la EPA en su inventario 2011<sup>17</sup>, en donde se observa la importancia de controlar a la maquinaria fuera de ruta, puesto que el MP2,5 producido por estas maquinarias es un 3% más que el producido por los vehículos en ruta, para dicho inventario. Para hacer comparables a este mismo resultado con datos locales pero como un porcentaje respecto a los vehículos on-road más las emisiones de MMFR.

Figura 8.7 Comparación resultados con Inventario EPA2011



Fuente: Elaboración propia, a partir de [RETC 2012], [EPA 2011]<sup>18</sup> y línea base Geasur.

<sup>17</sup> <http://www.epa.gov/ttn/chief/net/2011inventory.html>

<sup>18</sup> Los datos obtenidos del inventario EPA, no consideran barcos, ni vehículos ferroviarios. Solo considera equipos móviles fuera de ruta y en las emisiones. Además solo se consideran las emisiones emitidas por el escape.

Se puede observar que los datos locales tienen la misma tendencia que los resultados internacionales de la EPA. Sin embargo se observa que las emisiones de material particulado MP10 y MP2,5 tienen un porcentaje mayor al internacional. Esto se debe principalmente a que la EPA partió el año 2006 con Tier 3, reduciendo sus niveles de material particulado y además el año 2011 empezó con Tier 4 interina, la cual incorpora a las maquinarias con tecnología tier 3, sistemas de post-tratamiento de material particulado (DPF).

## 9. ELABORACIÓN LINEA BASE

### 9.1. CRECIMIENTO POBLACIÓN MAQUINARIA FUERA DE RUTA

Para las proyecciones la metodología EPA ha utilizado a menudo indicadores económicos como el crecimiento de la actividad, con el propósito de estimar futuras emisiones. Sin embargo, el uso de indicadores económicos como predictor del crecimiento de las maquinarias fuera de ruta no es capaz de predecir adecuadamente el crecimiento de los equipos en el mercado<sup>19</sup>. Además, los modelos económicos en los últimos años han tendido a sobrestimar las tasas de inflación. Como resultado de estos dos factores, los indicadores económicos pueden tender a predecir menores crecimientos de la población de equipos fuera de ruta y de la actividad de los mismos.

Un enfoque alternativo sería tener en cuenta las tendencias del mercado basándose en el crecimiento histórico de la actividad de los equipos fuera de ruta. Esto parece razonable teniendo en cuenta que los costos de capital de los equipos de fuera de ruta son altos en comparación a los costos de explotación. Como resultado, los propietarios de estos equipos tienen un fuerte incentivo a sobreexplotar su maquinaria y un desincentivo para comprar nuevos equipos. Aunque el uso de crecimiento histórico de la población puede tener limitaciones, es el único enfoque que permite estimar el impacto de los cambios en el mercado sobre las emisiones previstas.

A partir de lo anterior, se pronosticará el crecimiento de las maquinarias fuera de ruta a nivel nacional, con la información de las importaciones por año, obtenidas de las BBDD de Aduanas (considerando que toda la maquinaria importada es vendida en ese año, ya que no se dispone de información correspondiente a ventas). A continuación se presenta la cantidad de máquinas importadas por año desde el 2002 al 2013, según el rubro de destino.

**Tabla 9.1 Cantidad de maquinarias importadas por año y rubro**

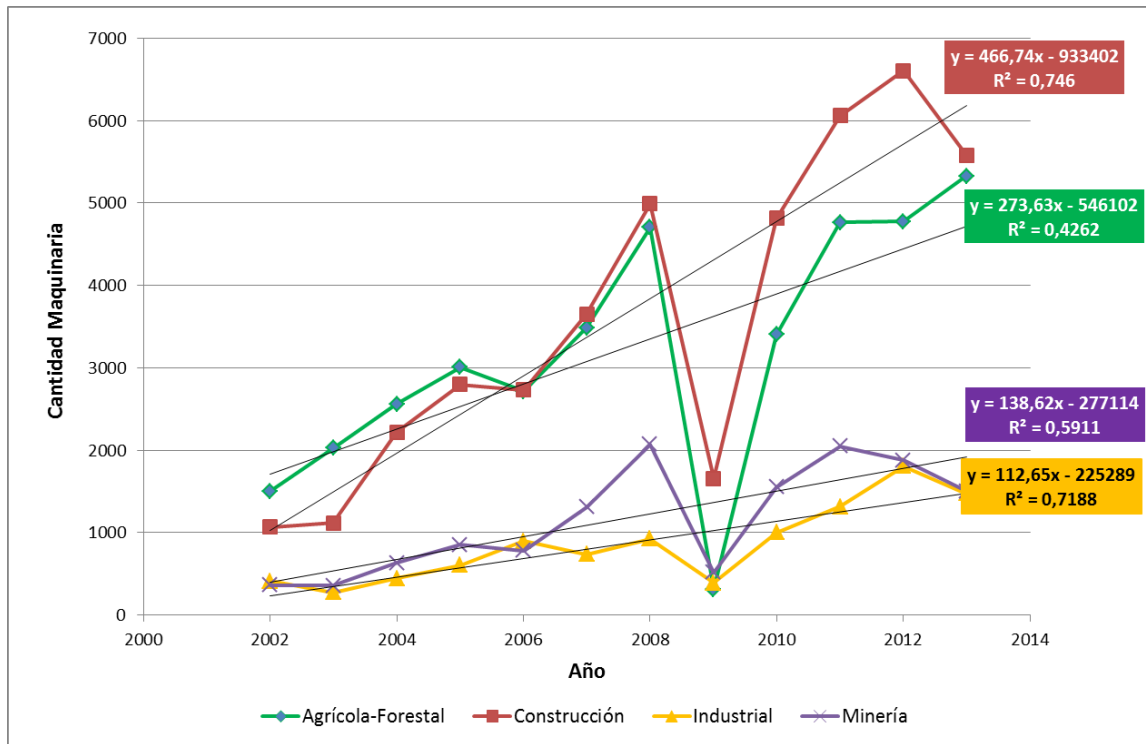
Año importación	Agrícola-Forestal	Construcción	Industrial	Minería
2002	1.501	1.070	414	362
2003	2.026	1.118	275	356
2004	2.559	2.217	448	633
2005	3.008	2.799	603	854
2006	2.715	2.732	895	784
2007	3.488	3.650	735	1.312
2008	4.706	4.987	923	2.071
2009	313	1.659	390	515
2010	3.406	4.812	1001	1.553
2011	4.762	6.057	1.316	2.050
2012	4.776	6.602	1.808	1.880
2013	5.327	5.580	1.476	1.504

Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD Aduanas 2000-2013

<sup>19</sup> Non-Road Growth Engine Estimations, Report No. NR-008, 1998. EPA

Para tener un panorama y ver si existe tendencia en el crecimiento, se grafican los datos anteriores y se aplicara regresión lineal, para observar el ajuste de los datos.

**Figura 9.1 Cantidad de maquinaria según rubro y año de importación. Con regresión lineal.**



Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD Aduanas 2000-2013

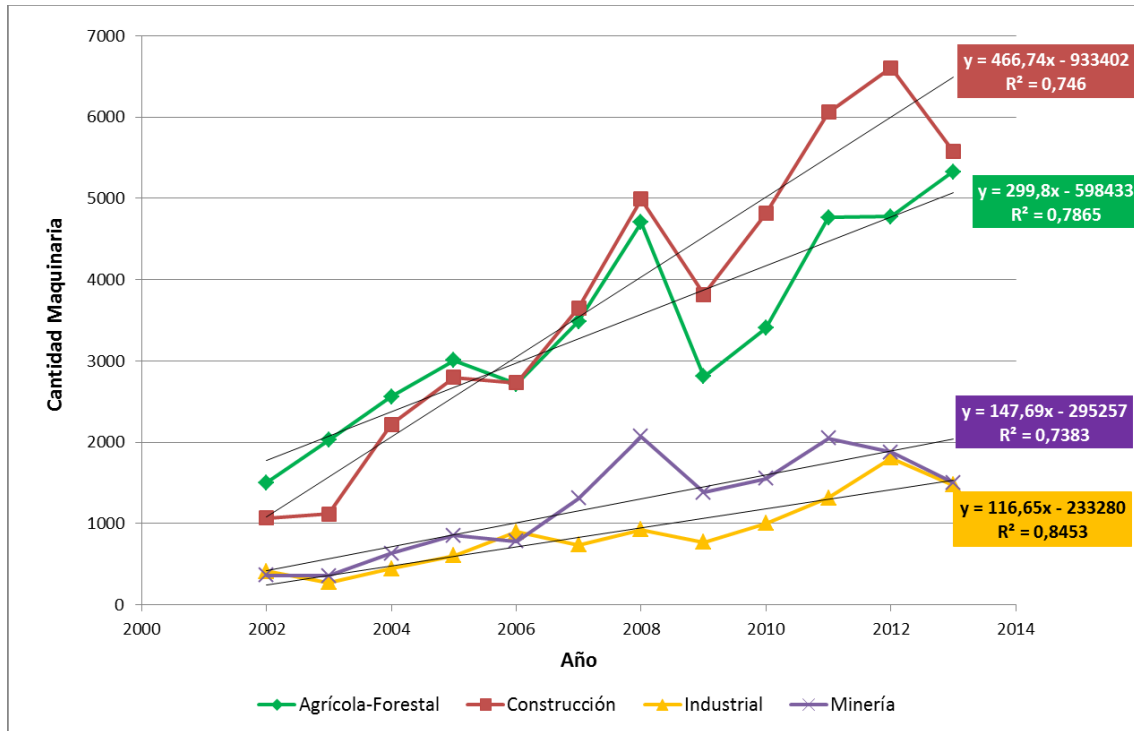
Al analizar la información disponible para el período 2002-2013 con el objetivo de realizar proyecciones para el período 2014-2023 se aprecia una dificultad adicional a la variabilidad natural del proceso de inversión que realizan los diferentes rubros, esto es: la fuerte disminución de toda la actividad económica del año 2009 (crisis subprime), la cual afectó de manera importante a las importaciones de maquinaria fuera de ruta.

Con el objetivo de obtener predicciones precisas para el periodo en cuestión existe más de una alternativa. Sin embargo, la implementación y corrección de modelos hace que la solución sea estándar. En este caso, se ha optado por un modelo de regresión lineal basado en la tendencia y para amortiguar el efecto de la crisis, se determinó sustituir el dato asociado al año 2009 por el promedio móvil de largo 3 (es decir, promedio de las importaciones para el periodo 2008-2010), dado que el efecto en las importaciones se reflejó en el corto plazo, volviendo a los niveles previos a partir del 2010.

Además, al utilizar el modelo de regresión se dispondrá de una medida de la calidad del ajuste ( $R^2$ ).

Realizando el ajuste al año 2009 se obtiene la siguiente regresión lineal ajustada:

**Figura 9.2 Cantidad de maquinaria según rubro y año de importación. Con regresión lineal Ajustada.**



Fuente: Elaboración propia, a partir de BBDD Aduanas 2000-2013

A partir de las regresiones lineales ajustadas obtenidas, se realiza la proyección de las máquinas para los diferentes rubros en un horizonte de 10 años, es decir, un crecimiento del parque desde el 2014 al 2023.

**Tabla 9.2 Proyección de ventas de maquinarias fuera de ruta, según rubro.**

Año importación	Agrícola-Forestal	Construcción	Industrial	Minería
2014	5.364	6.612	1.653	2.191
2015	5.664	7.079	1.770	2.338
2016	5.964	7.546	1.886	2.486
2017	6.264	8.013	2.003	2.634
2018	6.563	8.479	2.120	2.781
2019	6.863	8.946	2.236	2.929
2020	7.163	9.413	2.353	3.077
2021	7.463	9.880	2.470	3.224
2022	7.763	10.346	2.586	3.372
2023	8.062	10.813	2.703	3.520
2024	8.362	11.280	2.820	3.668
2025	8.662	11.747	2.936	3.815

Fuente: Elaboración propia.

Los pronósticos presentados en la tabla anterior, son distribuidos según su rango de potencia, rubro y tipología. Para ello se calcula la participación que tiene cada maquinaria en la cantidad final obtenida en la línea base 2013. Y finalmente se distribuirá según su peso en la flota.

## 9.2. RESULTADOS LINEA BASE

Como se mencionó anteriormente las emisiones de línea base están calculadas con la normativa correspondiente al país de origen del cual es importada la maquinaria. Cabe mencionar que las maquinarias que vienen de EEUU, Europa y Japón vienen con cuatro (4) años de retraso tecnológico (información entregada por los fabricantes), sin embargo como no obtuvo información de los otros países, se considera la normativa vigente del país en el cual es fabricada la máquina.

Los resultados de la línea base se presentan en dos escenarios de flota, el escenario considerando solamente la flota de Aduanas y otro que contempla las maquinarias estimadas anteriores al año 2000, obtenidas por las bases de datos de PRT.

**Tabla 9.3 Emisiones línea base en toneladas, años 2013-2023 (flota sólo Aduanas).**

Emisiones contaminante en toneladas									
Año	VOC	CO	NOx	PM10	PM2,5	CO2	SO2	N2O	CH4
2013	4.890,90	22.647,04	30.324,67	3.313,66	3.214,25	3.029.626,00	92,83	126,41	190,25
2014	4.890,72	24.070,17	30.090,62	3.340,68	3.240,46	3.198.921,75	98,02	133,29	200,71
2015	5.300,09	27.299,45	32.548,89	3.703,70	3.592,59	3.603.395,33	110,41	150,04	226,75
2016	5.613,11	30.488,29	34.128,04	3.983,71	3.864,20	4.001.280,87	122,60	166,49	252,45
2017	5.923,54	33.874,18	35.800,17	4.270,56	4.142,44	4.425.207,83	135,59	184,04	280,03
2018	6.187,99	37.061,48	37.173,21	4.524,22	4.388,49	4.819.392,28	147,67	200,30	305,65
2019	6.433,27	40.126,95	38.395,94	4.752,52	4.609,95	5.197.741,83	159,26	215,89	330,23
2020	6.701,76	43.331,07	39.771,29	4.995,63	4.845,76	5.596.552,27	171,48	232,34	356,27
2021	6.966,20	46.546,03	41.092,24	5.225,85	5.069,08	5.997.320,02	183,76	248,87	382,46
2022	7.218,33	49.680,24	42.327,80	5.437,55	5.274,43	6.386.784,45	195,70	264,91	407,90
2023	7.477,07	52.840,33	43.613,33	5.653,83	5.484,22	6.777.731,83	207,68	281,01	433,47
2024	7.740,63	56.013,57	44.969,74	5.875,79	5.699,52	7.169.469,08	219,68	297,13	459,09
2025	8.009,99	59.175,81	46.406,64	6.104,63	5.921,49	7.560.350,24	231,66	313,22	484,68

Fuente: Elaboración propia.

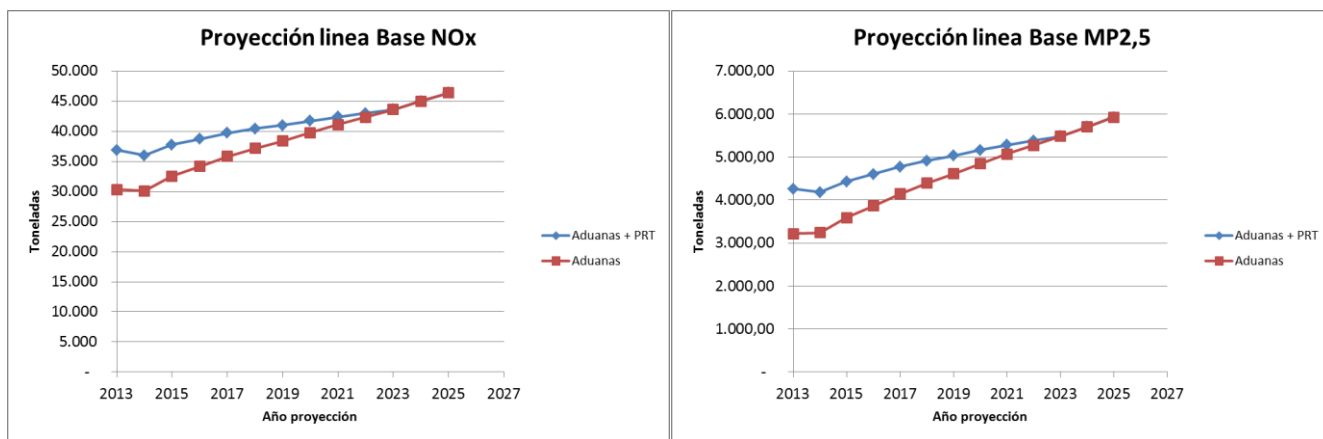
**Tabla 9.4 Emisiones línea base en toneladas, años 2013-2023 (flota Aduanas más estimación anterior al 2000).**

Emisiones contaminante en toneladas									
Año	VOC	CO	NOx	PM10	PM2,5	CO2	SO2	N2O	CH4
2013	5.982,68	26.286,37	36.857,67	4.387,73	4.256,10	3.416.971,60	104,70	142,34	220,98
2014	5.873,95	27.352,30	35.971,93	4.311,63	4.182,28	3.547.532,79	108,70	147,63	228,79
2015	6.174,51	30.221,66	37.777,85	4.569,82	4.432,72	3.913.271,81	119,90	162,79	252,08
2016	6.378,53	33.048,35	38.704,14	4.743,58	4.601,27	4.272.422,79	130,91	177,65	274,94
2017	6.579,81	36.070,54	39.723,04	4.923,19	4.775,49	4.657.615,19	142,71	193,60	299,60
2018	6.735,02	38.893,15	40.442,62	5.068,98	4.916,91	5.013.065,08	153,60	208,27	322,21
2019	6.870,98	41.593,16	41.011,69	5.188,90	5.033,24	5.352.680,07	164,01	222,26	343,67
2020	7.030,09	44.431,27	41.733,24	5.323,27	5.163,57	5.712.755,95	175,04	237,12	366,50
2021	7.185,12	47.279,83	42.400,29	5.444,50	5.281,16	6.074.789,14	186,14	252,06	389,38
2022	7.327,81	50.047,29	42.981,86	5.546,97	5.380,56	6.425.519,01	196,88	266,51	411,41
2023	7.477,07	52.840,33	43.613,33	5.653,83	5.484,22	6.777.731,83	207,68	281,01	433,47
2024	7.740,63	56.013,57	44.969,74	5.875,79	5.699,52	7.169.469,08	219,68	297,13	459,09
2025	8.009,99	59.175,81	46.406,64	6.104,63	5.921,49	7.560.350,24	231,66	313,22	484,68

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se grafican las emisiones de NOx y MP2,5 para los distintos años de proyección, considerando los escenarios de flota.

**Figura 9.3 Emisiones proyectadas 2013-2023.**



Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se puede observar que ambas curvas convergen en el año 2023, esto se debe porque el modelo fue ajustado para realizar un retiro del 10% anual a la flota estimada anterior al año 2000. Este criterio fue discutido con la contraparte técnica del estudio, pues esta maquinaria estimada según el modelo de retiro EPA no debería existir en el parque a la fecha (es maquinaria muy antigua). Si se aplicara el retiro normal, que se

realiza al resto de la flota, casi toda la maquinaria antigua sería retirada el primer año de proyección, es por esta razón que se aplicó este criterio del 10% de retiro a la flota más antigua.

---

### 9.3. ELABORACIÓN DE ESCENARIOS DE REGULACIÓN

---

Para diseñar los escenarios de regulación futuros se ha tenido en cuenta los siguientes elementos:

- Las regulaciones Stage IIIA y Stage IIIB, tienen tiempos de aplicación de 9 y 6 años respectivamente a nivel de Europa y Estados Unidos.
- La regulación Stage IIIA entra en vigencia en Brasil en el 2015.
- Los mayores aportes de emisiones se encuentran en los sectores Construcción, primero, y Agricultura-Forestal, segundo.
- Dentro de estos dos rubros, los rangos de potencia relevantes en términos de aporte de emisiones están entre 56 y 300 kW. En el caso de agricultura, el rango 37-56 kW también es relevante.
- En términos regionales el primer en aporte de contaminantes es el sector construcción en la RM, con cerca de 900 [ton/año] de MP2.5 y de 8.000 [ton/año] de NOx. En segundo lugar el sector minería en la II Región, con cerca de 400 [ton/año] de MP2.5 y de 4.000 [ton/año] de NOx. En tercer lugar el sector agricultura-forestal en las regiones IX y VIII.

En base a éstos antecedentes se realizó una reunión con la contraparte técnica del estudio, concluyendo que las normativas se aplicarían en dos fases, las cuales son detalladas a continuación:

**Fase I:** Normativa Stage IIIA entra en vigencia el año 2016 para toda la maquinaria fuera de ruta independiente del rubro y rango de potencia.

**Fase II:** La fase II consta de 4 escenarios de regulación, en los cuales entra en vigencia Stage IIIB.

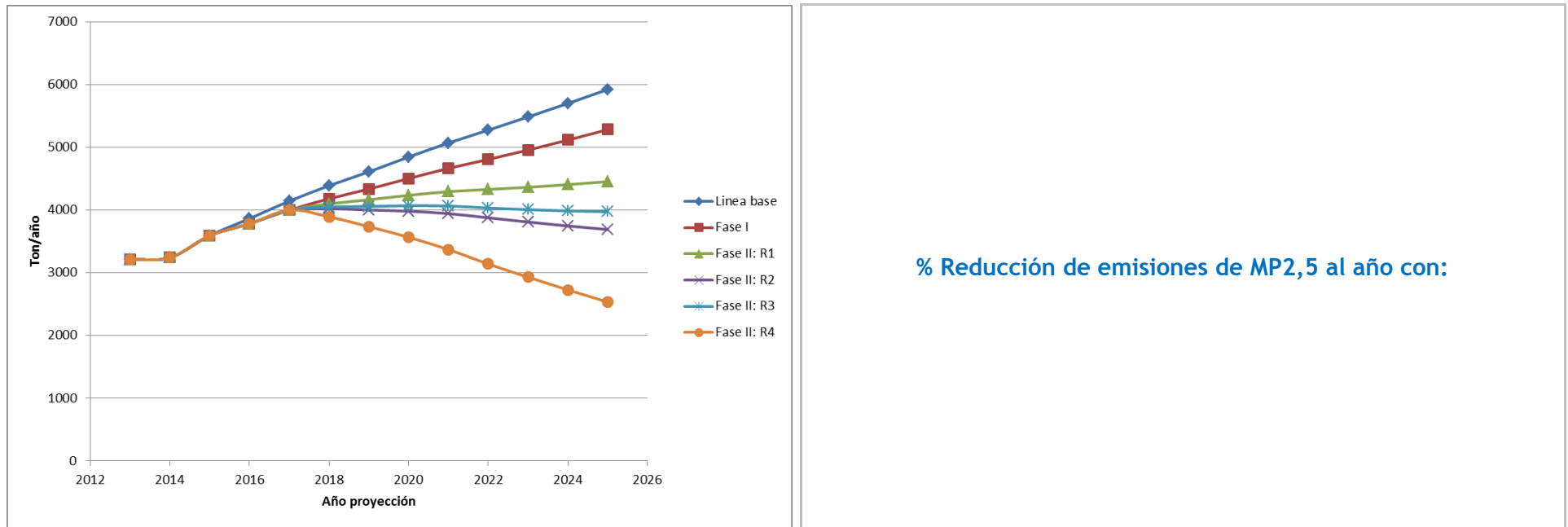
5. En el año 2018 sólo para la maquinaria de construcción con potencias entre  $75 \leq \text{kW} < 560$ .
6. En el año 2018 para toda maquinaria con potencias entre  $75 \leq \text{kW} < 560$ .
7. En el año 2018 sólo para la maquinaria de construcción con potencias entre  $56 \leq \text{kW} < 560$ .
8. En el año 2018 para toda maquinaria con potencias con potencias entre  $56 \leq \text{kW} < 560$ .

A continuación se presentan cuatro (4) graficas que simulan los cinco (5) escenarios antes descritos, para los contaminantes NOx y MP2,5 y también se incluye la línea base, para tener un marco de referencia. Además se incluye la reducción de emisiones que se obtiene al aplicar los diferentes escenarios respecto a la línea base.

Las 4 diagramas están dividido en dos análisis, 1) es para la solamente la flota de Aduanas y 2) es para la flota de aduanas considerando además las maquinarias estimadas anteriores al año 2000.



Figura 9.4 Proyección de emisiones de MP2,5 2013-2023, total país (flota sólo Aduanas)

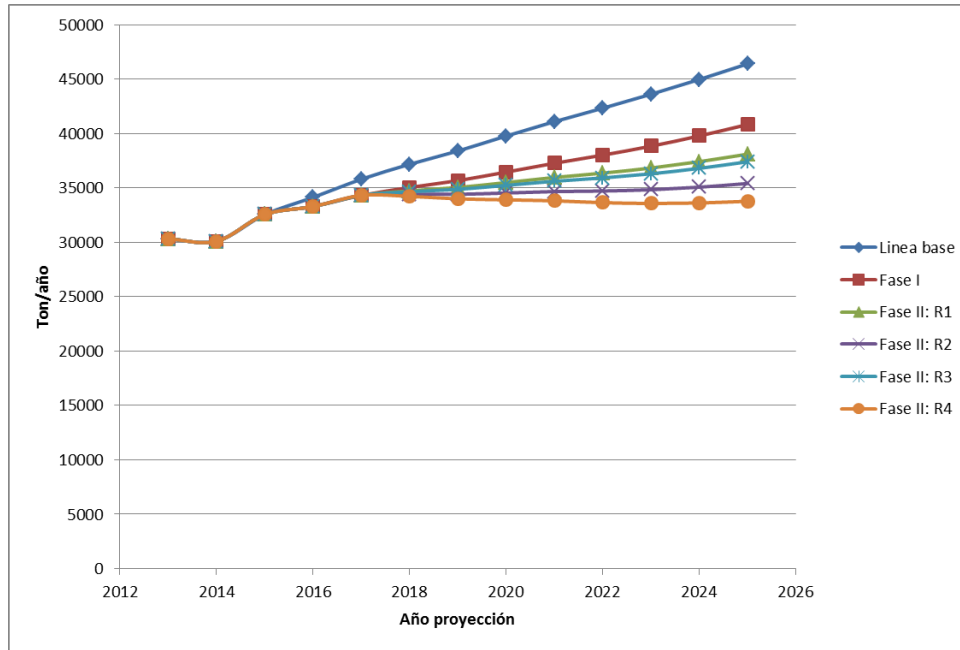


% Reducción de emisiones de MP2,5 al año con:

Año	Fase I	Fase II: R1	Fase II: R2	Fase II: R3	Fase II: R4
2014	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2015	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2016	2,1%	2,1%	2,1%	2,1%	2,1%
2017	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%
2018	4,7%	6,6%	8,4%	7,8%	11,3%
2019	5,9%	9,7%	13,2%	12,0%	19,0%
2020	7,1%	12,6%	17,8%	16,0%	26,4%
2021	8,0%	15,3%	22,2%	19,8%	33,5%
2022	8,8%	17,9%	26,5%	23,5%	40,5%
2023	9,6%	20,4%	30,5%	26,9%	46,6%
2024	10,2%	22,7%	34,3%	30,1%	52,1%
2025	10,8%	24,8%	37,7%	32,9%	57,2%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.5 Proyección de emisiones de NOx 2013-2023, total país, (flota sólo Aduanas).

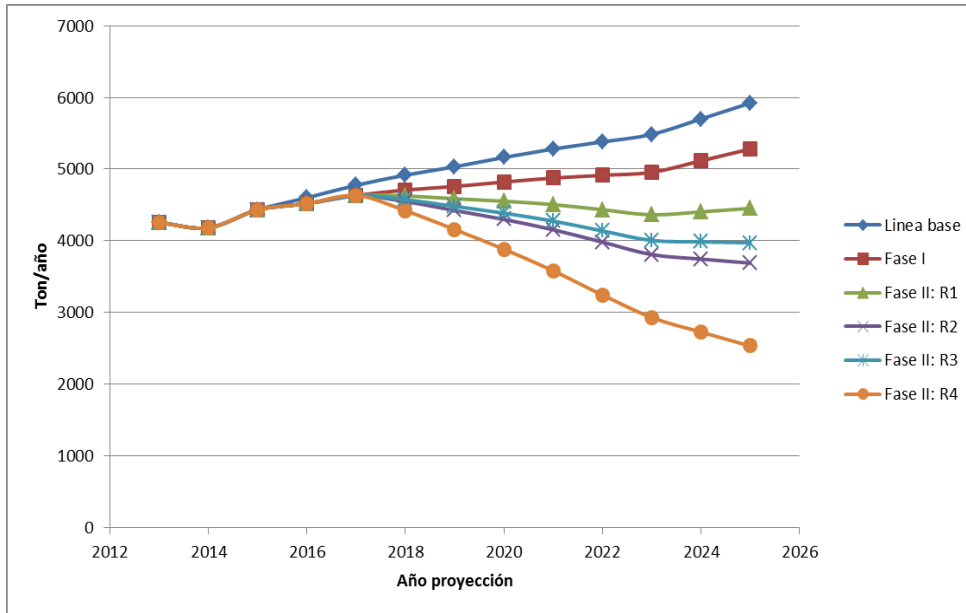


% Reducción de emisiones de NOx al año con:

Año	Fase I	Fase II: R1	Fase II: R2	Fase II: R3	Fase II: R4
2014	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2015	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2016	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
2017	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
2018	5,7%	6,6%	7,4%	6,8%	7,9%
2019	7,1%	8,7%	10,4%	9,2%	11,5%
2020	8,3%	10,8%	13,2%	11,4%	14,8%
2021	9,3%	12,5%	15,6%	13,3%	17,7%
2022	10,2%	14,1%	18,0%	15,1%	20,5%
2023	10,9%	15,6%	20,1%	16,8%	23,0%
2024	11,5%	16,8%	22,0%	18,2%	25,3%
2025	12,0%	17,9%	23,7%	19,4%	27,2%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.6 Proyección de emisiones de MP2,5 2013-2023, total país (flota Aduanas más estimación PRT)

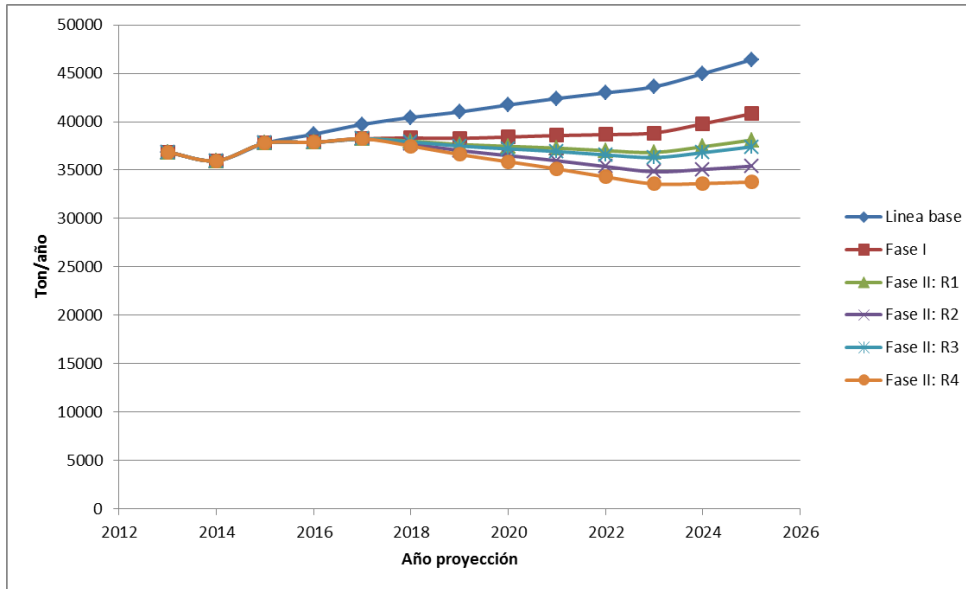


% Reducción de emisiones de MP2,5 al año con:

Año	Fase I	Fase II: R1	Fase II: R2	Fase II: R3	Fase II: R4
2014	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2015	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2016	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%
2017	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
2018	4,2%	5,9%	7,5%	6,9%	10,1%
2019	5,4%	8,9%	12,1%	11,0%	17,4%
2020	6,6%	11,8%	16,7%	15,0%	24,8%
2021	7,7%	14,7%	21,3%	19,0%	32,2%
2022	8,7%	17,6%	26,0%	23,1%	39,7%
2023	9,6%	20,4%	30,5%	26,9%	46,6%
2024	10,2%	22,7%	34,3%	30,1%	52,1%
2025	10,8%	24,8%	37,7%	32,9%	57,2%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.7 Proyección de emisiones de NOx 2013-2023, total país (flota Aduanas más estimación PRT)



% Reducción de emisiones de NOx al año con:

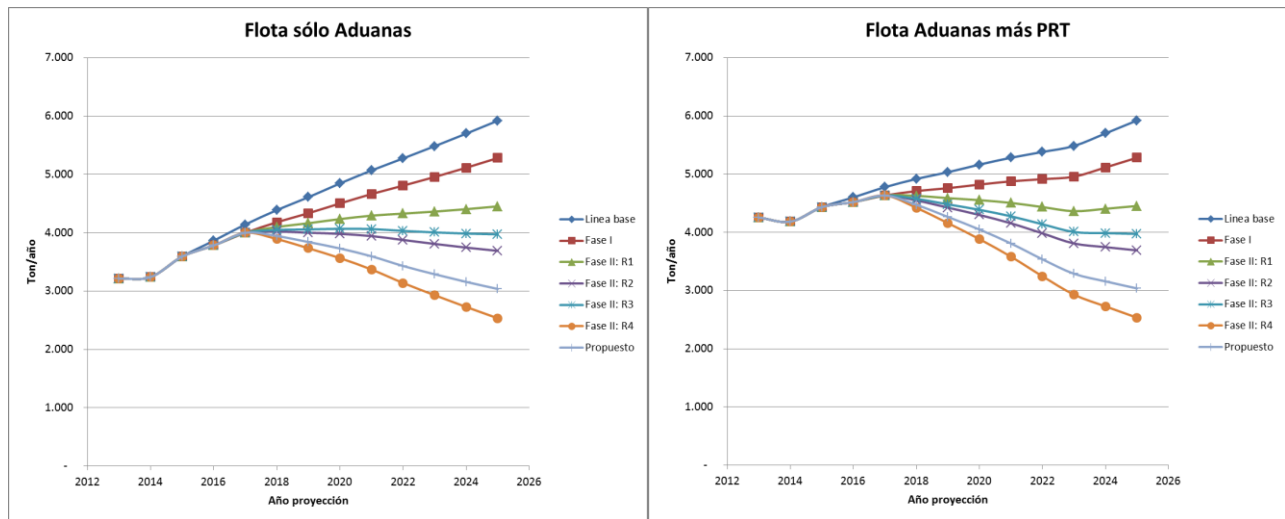
Año	Fase I	Fase II: R1	Fase II: R2	Fase II: R3	Fase II: R4
2014	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2015	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2016	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
2017	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%
2018	5,3%	6,0%	6,8%	6,2%	7,3%
2019	6,7%	8,2%	9,7%	8,6%	10,7%
2020	7,9%	10,2%	12,6%	10,9%	14,1%
2021	9,0%	12,1%	15,2%	12,9%	17,2%
2022	10,0%	13,9%	17,7%	14,9%	20,2%
2023	10,9%	15,6%	20,1%	16,8%	23,0%
2024	11,5%	16,8%	22,0%	18,2%	25,3%
2025	12,0%	17,9%	23,7%	19,4%	27,2%

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se observa que las curvas de los óxidos de nitrógeno presentan una disminución en las emisiones respecto de la línea base al aplicar los diferentes escenarios de regulación, sin embargo estas siguen siendo crecientes en el tiempo. No así en el Material particulado, que al implementar los escenarios 2 y 4 la curva es decreciente, obteniéndose una reducción de emisiones del 57,2% respecto de la línea base al año 2025, con el escenario 4 (cuatro) de la fase II. Sin embargo se reducen sólo en un 27,2% para el NOx. Es de esperar que ocurra esto, pues la normativa Stage IIIB, va enfoca a implementar sistemas de post-tratamiento de emisiones (filtros de partículas), para abatir el MP.

De lo anterior este consultor propone que para el año 2018 se implemente a lo menos el escenario 2, el cual implementa la normativa Stage IIIB a toda la maquinaria fuera de ruta con potencia mayor a 75 kW y menor a 560 kW. Un escenario alternativo que propone este consultor, es aplicar en el año 2018 la norma Stage IIIB a todas las maquinarias con potencias mayores a 56 kW y menor a 560 kW a excepción de los equipos utilizados en el rubro agrícola-forestal, a los cuales sólo se les aplicara la normativa de la Fase I, esta diferencia se hace ya que de acuerdo a la experiencia de legislaciones internacionales, este sector ha contado con excepciones o retrasos en la implementación de estas regulaciones. Este nuevo supuesto se denominara **“propuesto”**, para ver el efecto que tiene este se proyectara y comparara respecto a la línea base, como se muestra:

**Figura 9.8 Proyección de emisiones de MP2,5 2014-2023, con escenario 5 total país.**



Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se analiza el porcentaje de reducción que tiene este escenario propuesto, en la flota sólo con Aduanas y la que considera además la maquinaria anterior al año 2000, estimada a través de PRT.

**Tabla 9.5 Reducción de emisiones proyectadas respecto a línea base, total país.**

Año	% reducción respecto línea base	
	Flota sólo Aduanas	Flota Aduanas + PRT
2014	0,0%	0,0%
2015	0,0%	0,0%
2016	2,1%	1,8%
2017	3,4%	3,0%
2018	10,1%	9,0%
2019	16,7%	15,3%
2020	23,0%	21,6%
2021	29,0%	27,9%
2022	34,9%	34,3%
2023	40,0%	40,0%
2024	44,6%	44,6%
2025	48,7%	48,7%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que con este nuevo supuesto, se obtiene una reducción de emisiones del 48,7% respecto a la línea y no se interviene demasiado el rubro agrícola. Además este consultor propone que para el año 2020 entre en vigencia Stage IV, a lo menos para las maquinarias mayores a 75kW pertenecientes al rubro de la construcción en la RM, para regular las emisiones NOx, pues este es precursor de diferentes contaminantes secundarios, como material particulado secundario y ozono, componentes típicos en la formación de smog de la Región metropolitana. Además de las reacciones atmosféricas que interviene (OH, O3 NO, etc.).

## 10. COSTOS INCREMENTALES AL IMPLEMENTAR NUEVAS NORMATIVAS

En este capítulo se evaluarán los costos incrementales para los diferentes cambios normativos posibles de implementar. La metodología y principales valores de costo para este capítulo han sido tomados de los siguientes documentos:

- Final Regulatory Impact Analysis: Control of Emissions from Nonroad Diesel Engines, EPA420-R-98-016, para la metodología y los valores de Stage 1 (Tier 1), Stage 2 (Tier 2), Stage 3A (Tier 3).
- Final Regulatory Analysis: Control of Emissions from Nonroad Diesel Engines, EPA420-R-04-007, para la metodología y los valores de Stage 3B (Interim Tier 3).

---

### 10.1. COSTOS INCREMENTALES PARA LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS

---

El análisis incluye los costos asociados a la incorporación de los “pack” tecnológicos que, conforme los estudios de la EPA, los fabricantes de los motores para la MMFR incorporarán para el cumplimiento de los distintos límites de emisiones, desde Tier 1 hasta Tier 4 Interim. Estos costos corresponden a las modificaciones sobre el motor primeramente, y luego a las modificaciones sobre la MMFR, que serán necesarias para incorporar dichos pack tecnológicos. A manera de ejemplo se puede citar el sistema DPF previsto de incluirse desde Tier 4 Interim. En este caso existe el costo del sistema DPF como un nuevo componente del motor (costo modificación del motor) y luego el costo de instalar el motor con este nuevo sistema en la maquinaria, lo que requerirá de soportes adicionales en el chasis de la MMFR, nuevas matrices para incluir el monitor de DPF en el panel, etc. (costo modificación de la MMFR).

Los costos antes descritos se pueden clasificar a su vez en costos variables (equipos y dispositivos adicionales, costos de ensamblaje, márgenes comerciales, garantía adicionales y transporte) y los costos fijos (I+D, matrices y otras herramientas de fabricación, certificación de origen, etc.). Se considera además que los nuevos sistemas de control de emisiones pueden introducir nuevos costos operacionales tales como en el consumo de combustible o en la mantención.

Para la estimación de los costos en Chile se han considerado los siguientes supuestos:

- Los costos fijos en que han incurrido los fabricantes ya han sido amortizados en el periodo de tiempo transcurrido antes de comercializar en Chile de las nuevas tecnologías de control de emisiones (4 años). Por lo tanto no se consideran los costos fijos en el cálculo.
- Los costos variables presentan valores de corto y largo plazo, por cuanto existe una curva de experiencia que permite optimizar el proceso productivo y la tecnología de control, reduciendo gradualmente los costos. Se plantea en la presente metodología que al momento de implementarse la norma en Chile y producir el cambio tecnológico, las tecnologías y sus procesos productivos se encuentran maduros y en costos de largo plazo.
- Los costos operacionales se presentan como Valor Actualizado Neto (VAN), sobre la base de una tasa de descuento del 7%, para una vida útil de la maquinaria y un nivel de actividad calculados como el

promedio ponderado por las participaciones en las ventas, conforme los documentos de referencia de la EPA.

- Dados los años transcurridos desde las estimaciones de costo de la EPA se han corregido los costos variables en dos aspectos: evolución del costo de mano de obra en Estados Unidos y evolución del costo de materias primas, asumiendo una proporción del 50% de cada uno de estos factores productivos en los costos variables, como así también la inflación del periodo. Lo anterior exceptúa aquellos costos que explícitamente se indican por la EPA como sólo de materiales o sólo de mano de obra.
- Los costos operacionales se han recalculado conforme los porcentajes de impacto en el consumo de combustible indicados por la EPA, y con los valores de consumo promedio por rango de potencia, para la vida útil promedio por rango de potencia y el nivel de actividad promedio por rango de potencia, a precios de venta del combustible Diésel en Chile, Diciembre 2014. Otros costos operacionales se han recalculado conforme los criterios del punto anterior, por evolución del costo de la mano de obra y de las materias primas.

A continuación se presenta una descripción de las tecnologías de control de emisiones consideradas en los “pack” tecnológicos:

Mejoras del Motor:	Son las modificaciones en el diseño realizadas directamente sobre el motor, como por ejemplo modificaciones a los tiempos de inyección o el rediseño de las cámaras de combustión.
Control Electrónico:	Es un conjunto de componentes que incluyen el módulo de control electrónico, sensores y actuadores que permiten mediante un software administrar el proceso de combustión mediante la dosificación del combustible.
Mejoras en la Inyección:	Las mejoras en la inyección tienden a aumentar la presión de la inyección de combustible, entre estos sistemas de alta presión se encuentran las bombas rotatorias de combustible, la unidad inyector bomba y el common rail.
EGR:	Es un sistema que permite la recirculación controlada de los gases de escape a la cámara de combustión, reduciendo las temperaturas en la cámara de combustión.
Turbocargador:	El turbocargador permite aumentar la presión del aire de admisión aprovechando de mejor forma el volumen de la cámara de combustión.
Actualización Aftercooler para AA:	El aftercooler permite enfriar el aire que proviene del turbocargador, bajando las temperaturas del motor y aumentando su densidad (más aire por unidad de volumen). Existen dos métodos de enfriamiento: por agua y por aire (ventilador). El enfriamiento con aire es más efectivo en extraer el calor de los gases. Cuando se menciona la Actualización para AA, es el paso de cambiar de un aftercooler enfriado por agua a uno enfriado por aire, en el diseño del motor.
Nuevo Aftercooler AA:	Este es el caso en que se incorpora directamente al motor un aftercooler nuevo enfriado por aire, en el diseño del motor.
Recirculación gases del	Los gases de escape provenientes de la cámara de combustión, que se acumulan en



cárter: el cárter del motor, producto del fenómeno llamado “pumping”, son recirculados a la admisión y quemados en la cámara de combustión.

Los costos que se presentan a continuación representan los costos incrementales de los cambios desde el paso tecnológico inmediatamente anterior.

**Tabla 10.1 Costo Unitario Incremental de los motores en dólares 2014 según rango de potencia, para Tier 1/Stage1 a Tier 3/Stage 3A**

Estándar de Emisión	Item de Costo	Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS) USD 2014				
		0 - 37	37 - 75	75 - 130	130 - 450	450 - 560
Tier 1/Stage 1	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)	448				
	<b>Costos Totales Motor</b>					
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>				
Tier 2/Stage 2	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)	448	92			
	Control Electrónico			691	741	245
	Mejoras en la Inyección	135		146	174	265
	EGR		76			
	Costos Operacionales EGR (VNA)		303			
	Turbocargador		231	210		
	Actualización Aftercooler para AA			85	240	1.426
	Costos Operacionales Aftercooler AA (VNA)			- 679	- 1.212	- 8.220
	Recirculación gases del carter	30				
	<b>Costos Totales Motor</b>	<b>165</b>	<b>307</b>	<b>1.131</b>	<b>1.154</b>	<b>1.936</b>
<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>	<b>395</b>	<b>- 679</b>	<b>- 1.212</b>	<b>- 8.220</b>	
Tier 3/Stage 3	Mejoras del Motor	No aplica (costo fijo)				
	Costos Operacionales Mejoras del Motor (VNA)		538			
	Control Electrónico		459	231	197	
	Mejoras en la Inyección			177	198	128
	EGR		34	194	214	316
	Costos Operacionales EGR (VNA)		270	305	343	593
	Actualización Aftercooler para AA			101	240	1.607
	Costos Operacionales Aftercooler AA (VNA)			- 815	- 1.212	- 9.247
	Nuevo Aftercooler AA			428	868	
	Costos Operacionales Nuevo Aftercooler AA (VNA)			- 2.444	- 2.909	
	<b>Costos Totales Motor</b>		<b>493</b>	<b>1.132</b>	<b>1.717</b>	<b>2.050</b>
<b>Costos Operacionales (VNA)</b>		<b>808</b>	<b>- 2.955</b>	<b>- 3.779</b>	<b>- 8.654</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 1998], valores a septiembre 2014

**Tabla 10.2 Costo Unitario Incremental de los motores en dólares 2014 según rango de potencia, para Tier 1/Stage1 a Tier 3/Stage 3A**

		Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS) USD 2014						
		19 - 37	37 - 56	56 - 75	75 - 130	130 - 225	225 - 450	450 - 560
Tier 4 Inter/Stage 3B	Costos Variables DPF	374	425	3.045	3.695	4.128	5.432	10.280
	Costos Operacionales DPF			1.030	1.430	1.978	1.978	7.527

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 2004], valores a septiembre 2014

Los costos operacionales negativos se explican por ahorros en el consumo de combustible o de menores costos de mantención de la tecnología.

Como el motor no es el único que sufre cambios para cumplir los nuevos estándares, la tabla siguiente muestra los costos incrementales por modificaciones en las maquinarias móviles fuera de ruta más los costos del motor.

**Tabla 10.3 Costo Unitario Incremental de los equipamientos en MMFR en dólares según rango de potencia para Tier 4 iNTERIM/Stage 3B**

Estándar de Emisión	Equipment modification	Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS USD 2014)				
		0 - 37	37 - 75	75 - 130	130 - 450	450 - 560
Tier1/Stage1	Cambios Equipo	36				
	Cambios Motor					
	<b>Total Cambios</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>				
Tier2/Stage2	Cambios Equipo	13	54	76	103	156
	Cambios Motor	165	307	1.131	1.154	1.936
	<b>Total Cambios</b>	<b>179</b>	<b>361</b>	<b>1.207</b>	<b>1.257</b>	<b>2.093</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>	<b>448</b>	<b>395</b>	<b>- 679</b>	<b>- 1.212</b>	<b>- 8.220</b>
Tier3/Stage3	Cambios Equipo		18	27	36	54
	Cambios Motor		493	1.132	1.717	2.050
	<b>Total Cambios</b>		<b>511</b>	<b>1.159</b>	<b>1.753</b>	<b>2.104</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>		<b>808</b>	<b>- 2.955</b>	<b>- 3.779</b>	<b>- 8.654</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 1998], valores a septiembre 2014

**Tabla 10.4 Costo Unitario Incremental de los equipamientos en MMFR en dólares según rango de potencia para Tier 4 iINTERIM/Stage 3B**

		Costo Unitario Incremental (VALORES ACTUALIZADOS USD 2014)						
		19 - 37	37 - 56	56 - 75	75 - 130	130 - 225	225 - 450	450 - 560
Tier4Interim/ Stage3B	Materiales Adicionales		83	83	83	83	165	165
	Costo mano de obra			32	32	49	99	99
	Total Cambios Equipo		83	115	115	131	264	264
	Cambios Motor	374	425	3.045	3.695	4.128	5.432	10.280
	<b>Total Cambios</b>	<b>374</b>	<b>507</b>	<b>3.160</b>	<b>3.811</b>	<b>4.259</b>	<b>5.696</b>	<b>10.544</b>
	<b>Costos Operacionales (VNA)</b>			<b>1.030</b>	<b>1.430</b>	<b>1.978</b>	<b>1.978</b>	<b>7.527</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 2004], valores a septiembre 2014

## 11. FISCALIZACIÓN

### 11.1. PROPUESTA DE FISCALIZACIÓN

---

Respecto a este tipo de máquinas la autoridad ha señalado que se creará una norma de Emisión. El Ministerio del Medio Ambiente ha dado inicio al proceso de dictación de norma, recopilación de antecedentes y realización de estudios científicos, elaboración de un anteproyecto, el sometimiento a consulta pública y consulta al consejo consultivo, con la realización de un estudio económico y social, para así elaborar el proyecto definitivo y la aprobación consejo de ministros para la sustentabilidad.

En dicho contexto y en un estudio previo sobre el tema se señaló en el acápite jurídico entre otras propuestas:

“Que para que el proceso de creación de la norma de emisión, sea fructífero, esto es, efectivamente se reduzca la emisión de contaminantes provenientes de la maquinaria fuera de ruta, es necesario no sólo crear la norma por la autoridad pertinente, en este caso el Ministerio del Medio Ambiente, sino además, realizar una serie de adaptaciones a la normativa jurídica relacionada.

Una de las primeras adaptaciones, será registrar la maquinaria fuera de ruta, con el objeto entre otros, de poder verificar al inicio de su actividad, el cumplimiento de la normativa de emisiones. En relación al registro mencionado encontramos en la Ley N° 18.290, Ley de Tránsito, que en su Título III, sobre Dominio y Registro de los Vehículos Motorizados y de la Patente Única y Certificado de Inscripción; señala en su Artículo 33.- que la constitución del dominio, su transmisión, transferencia y los gravámenes sobre vehículos motorizados se sujetarán a las normas que el derecho común establece para los bienes muebles. Por su parte, el Artículo 34, del mismo cuerpo legal dice: El Servicio de Registro Civil e Identificación llevará un Registro de Vehículos Motorizados en la base de datos central de su sistema mecanizado, en el cual se inscribirán los vehículos y la individualización de sus propietarios y se anotarán las patentes únicas que otorgue, (Inciso 1°).

La inscripción de un vehículo se efectuará al otorgarse la patente única. Los documentos que autoricen dicha inscripción serán incorporados en el Archivo Nacional del Servicio de Registro Civil e Identificación, (Inciso3°).

El artículo 34 bis de la Ley de Tránsito, dice: Créase el Registro Especial de Remolques y Semirremolques que llevará el Servicio de Registro Civil e Identificación, en el que deberán inscribirse los remolques y semirremolques cuyo peso bruto vehicular sea igual o superior a 3.860 kilogramos. Un reglamento del Ministerio

de Justicia, el que deberá llevar también la firma del Ministro de Transportes y Telecomunicaciones, determinará el procedimiento para la inscripción y las demás formalidades que deberán observarse para la adecuada creación, formación y mantención de este Registro. No podrá practicarse la revisión técnica que establece el Título VII de esta ley y el decreto supremo Nº 156, de 1990, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, sin el certificado de inscripción en el Registro Especial de Remolques y Semirremolques.

De las normas citadas anteriormente de la Ley de Tránsito, se colige que el Registro Nacional de Vehículos Motorizados fue creado para inscribir los vehículos motorizados, y mantener su historial de dominio o de propiedad. Y que es un requisito esencial para obtener la placa patente y así poder circular por las calles y caminos del país.

De lo anterior se infiere que no es esencial inscribir a la maquinaria fuera de ruta, pues ella no requiere de placa patente. Sin embargo, la norma, a nuestro entender, es lo suficientemente amplia como para comprender a la maquinaria fuera de ruta, al referirse ampliamente a vehículos motorizados, sin distinciones de si son vehículos para circular en ruta o fuera de ruta. Por otra parte, la principal función de este Registro es informar sobre la situación jurídica de un vehículo motorizado en un momento determinado. Por lo tanto, a nuestro entender, tenemos una norma que nos permite comprender o contemplar la inscripción de la maquinaria fuera de ruta en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados, y su exigibilidad u obligatoriedad, deberá ser materia de modificación o complementación legal al indicarse por ley que sea de iniciativa del Ministerio Ambiente, que es obligatoria tal inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados si se quiere utilizar tal maquinaria en el país.

Los requisitos que se deberán exigir para hacer la inscripción, ahora obligatoria, de la maquinaria fuera de ruta, serán materia de ley. Dentro de esos requisitos estará el cumplimiento del estándar de emisión que exigirá la nueva norma para ingresar al país.

La ley que establezca la obligatoriedad de la inscripción deberá ser iniciativa del Ministerio del Medio Ambiente. Como consecuencia lógica se modificará la Ley de Tránsito en relación al Registro Nacional de Vehículos Motorizados. Podría existir un registro especial en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados, denominado “Registro de Maquinaria Fuera de Ruta.” Consecuentemente habría que adecuar el Reglamento sobre inscripción de Vehículos Motorizados.

Por consiguiente, y con la finalidad de resumir hasta este punto nuestro camino jurídico de implementación de la norma jurídica de estándares de emisión para la maquinaria fuera de ruta, observamos:

1. Norma de Estándares de emisiones emitida por el Ministerio del Medio Ambiente.
2. Norma legal que haga obligatoria la inscripción de la Maquinaria Fuera de Ruta en el Registro de Vehículos Motorizados del Servicio de Registro Civil e Identificación y que modifique la norma pertinente de la Ley de Tránsito.
3. Norma Reglamentaria modificatoria del Reglamento de Inscripción de Vehículos Motorizados<sup>20</sup>

Luego incursionamos en el tema de la fiscalización del cumplimiento de la norma de emisión exigida a la maquinaria fuera de ruta. Señalando un derrotero pre y post uso de la maquinaria fuera de ruta, obviamente, como una sugerencia jurídica y práctica a la autoridad.

En la propuesta señalada, se dio énfasis a la actuación de la Superintendencia del Medio Ambiente, como institución, largamente esperada, con funciones fiscalizadoras per se, en todo el ámbito medioambiental.

El Ministerio de Medio Ambiente recogiendo la propuesta solicitó a la Superintendencia su intervención, en consideración a sus facultades legales.

Sin embargo, la Superintendencia ante la solicitud de pronunciamiento sobre el tema, emitió un oficio en que develó el alcance de sus atribuciones, haciendo la distinción entre industrias y bienes de consumo masivo. Señalando al respecto que entre los dos ámbitos existen desequilibrios o asimetrías en el ejercicio de sus atribuciones.

Señala que en el caso de “fuentes emisoras industriales, tanto las atribuciones fiscalizadoras, como el procedimiento y régimen sancionatorio aplicable resultan adecuados para controlar el cumplimiento de las normas ambientales vigentes durante su funcionamiento. Sin embargo, en el caso de bienes de consumos masivo, tales como vehículos y calefactores, el control del cumplimiento normativo durante su funcionamiento se ha visto dificultado tanto por el diseño del modelo de fiscalización ambiental y las atribuciones de la Superintendencia, como el procedimiento y régimen sancionatorio aplicable, el cual resulta ineficiente y desproporcionado.”

Señala la Superintendencia que se debe distinguir en la fiscalización a priori y en la fiscalización a posteriori de la normativa de emisiones de las maquinarias fuera de ruta, respecto a la priori no tiene mayores dificultades pues reconoce las facultades de la Superintendencia y las acciones fiscalizadoras propuestas (creemos) por el estudio

---

<sup>20</sup> Estudio “Elaboración e Inventario de Emisión” para MMA Año 2013, [Geasur 2013]

previo sobre el tema. Pero señala que respecto a la fiscalización a posteriori de las maquinas off road, se produce una desproporción en las facultades de la Superintendencia, y ello es esencialmente por 3 elementos:

1. El procedimiento que se genera con la comisión de una infracción del ámbito de la Superintendencia, es un procedimiento complejo, que debe distinguir categorías de infracción: leve, grave o gravísima.
2. Las sanciones que se aplican comienzan desde 1 UTA.
3. La facultad de aplicar sanciones es privativa del Superintendente. Y no puede delegarlas.

De modo que la Superintendencia, ante un gran número de infracción, quizás de no mayor magnitud, ni complejidad, y realizadas esencialmente por personas naturales o jurídicas en carácter de usuarios, tendría que echar a andar cada vez un complejo y trabajoso sistema procedimental, ocupando funcionarios/ tiempo, sobrecargándose de trabajo y haciendo recaer todo ese volumen de trabajo en el Superintendente quien no puede delegar la función. Aplicándose, además, sanciones desproporcionadas para el tipo de infracción que realmente es y generando en definitiva un perjuicio muy alto tanto al infractor como al propio Estado en la desproporcionalidad de los recursos involucrados versus magnitud de la infracción y patrimonio del infractor.

Señala, también, el oficio que: “Finalmente, existen diversas instancias autorizatorias sectoriales donde puede ser exigido el uso de maquinaria fuera de ruta que haya acreditado el cumplimiento de la norma de emisión y tenga sus mantenciones al día. Este es el caso de la patente comercial que otorgan las Municipalidades, el Informe Sanitario emitido por la Autoridad Sanitaria y requerido por la Dirección de Obras Municipales, entre otros.

Con ello, la fiscalización de la norma de emisión, es decir, el control durante el funcionamiento de la fuente emisora, puede focalizarse en los prestadores de servicios asociados a la acreditación del ingreso y mantenciones de la maquinaria fuera de ruta y no en los usuarios, dando un uso eficiente de los recursos públicos.”

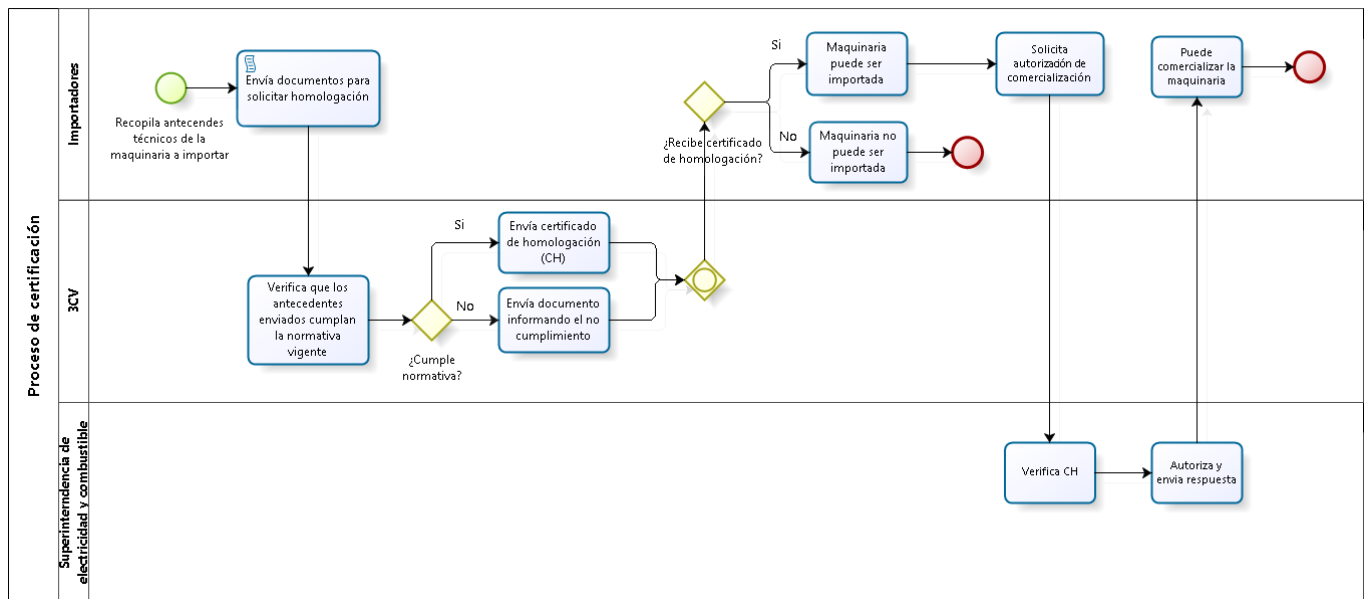
En consideración a la respuesta en su parte final se decidió proponer como camino viable de fiscalización el siguiente: En primer término se debe determinar quién verificará el cumplimiento de la norma de emisión antes de que ingrese la maquinaria a nuestro país. Existe en nuestra infraestructura y funcionalidad pública, un ente que sirve para homologar y certificar modelos de vehículos motorizados destinados a transitar por calles y caminos que nos puede ser de absoluta solución al presente tema. Nos estamos refiriendo al Centro de Control y

Certificación Vehicular conocido también como 3CV, adscrito a la funcionalidad del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Por acuerdo entre el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, se puede encargar al 3CV la Certificación de maquinaria fuera de ruta. Ello requerirá un decreto supremo dictado por ambas entidades en que se indique la forma de hacer la Certificación de la maquinaria fuera de ruta.

El flujo que visualizamos para permitir la entrada de la maquinaria fuera de ruta al país es el siguiente:

**Figura 11.1 Flujo proceso de certificación y proceso de comercialización de MMFR**



Fuente: Elaboración propia.

1° El fabricante, distribuidor o importador de maquinaria fuera de ruta deberá adquirir maquinaria que cumpla con los estándares de emisión exigidos. Ello se debe reflejar en la documentación relacionada a la maquinaria acompañada por el fabricante.

2° El fabricante, distribuidor o importador deberá acudir al 3CV con el objeto que éste certifique que el modelo de maquinaria fuera de ruta cumple con los estándares de emisión exigidos para ser ingresadas y ocupadas en nuestro país.

El 3CV entregará un certificado al Fabricante por los modelos Certificados indicando que ésta cumple con los estándares exigidos.



3° Obtenido el certificado de parte del 3CV, más toda la otra documentación que será necesaria, se podrá importar y Aduanas para autorizar dicha importación corroborará la documentación exigida.

4° El fabricante, distribuidor o importador deberá entregar al comprador un certificado con indicaciones similares a las contenidas en el certificado entregado por el 3CV.

Dicho Certificado, además, deberá contener los siguientes datos: individualización del respectivo motor por marca, tipo y número identificador de la maquinaria, tales como, marca, modelo, tipo de maquinaria, año de fabricación, número de identificación y demás que se establezcan. Este certificado será otorgado en tres ejemplares.

5° En consideración a lo señalado en la el decreto 298 de 2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Que aprueba reglamento para la certificación de productos eléctricos y combustibles y deroga norma que indica.

Encontramos así que en su artículo primero señala:

**“Artículo 1º.-**El presente reglamento tiene por objeto establecer los procedimientos para la certificación de seguridad y calidad de los productos eléctricos y de combustibles, en adelante "productos", previo a su comercialización en el país, como asimismo normar la autorización de los organismos de certificación, organismos de inspección y laboratorios de ensayos. “

En su **Artículo 2º.-** “Las disposiciones de este reglamento se aplicarán a todos los productos de combustibles que se comercialicen en el país y a aquellos productos eléctricos que de conformidad con la normativa vigente deban someterse a certificación previo a su comercialización, cualquiera sea su uso o campo de aplicación, como asimismo, a los importadores, fabricantes y comercializadores de los mismos y también a los organismos de certificación, organismos de inspección y laboratorios de ensayos. “

Luego en su artículo 6º: **“Artículo 6º.-** Cualquiera sea el origen de los productos, éstos deberán certificarse previo a su comercialización en el país, mediante alguno de los sistemas de certificación indicados en el artículo 5º del presente reglamento, conforme con los protocolos de ensayos establecidos por la Superintendencia.”

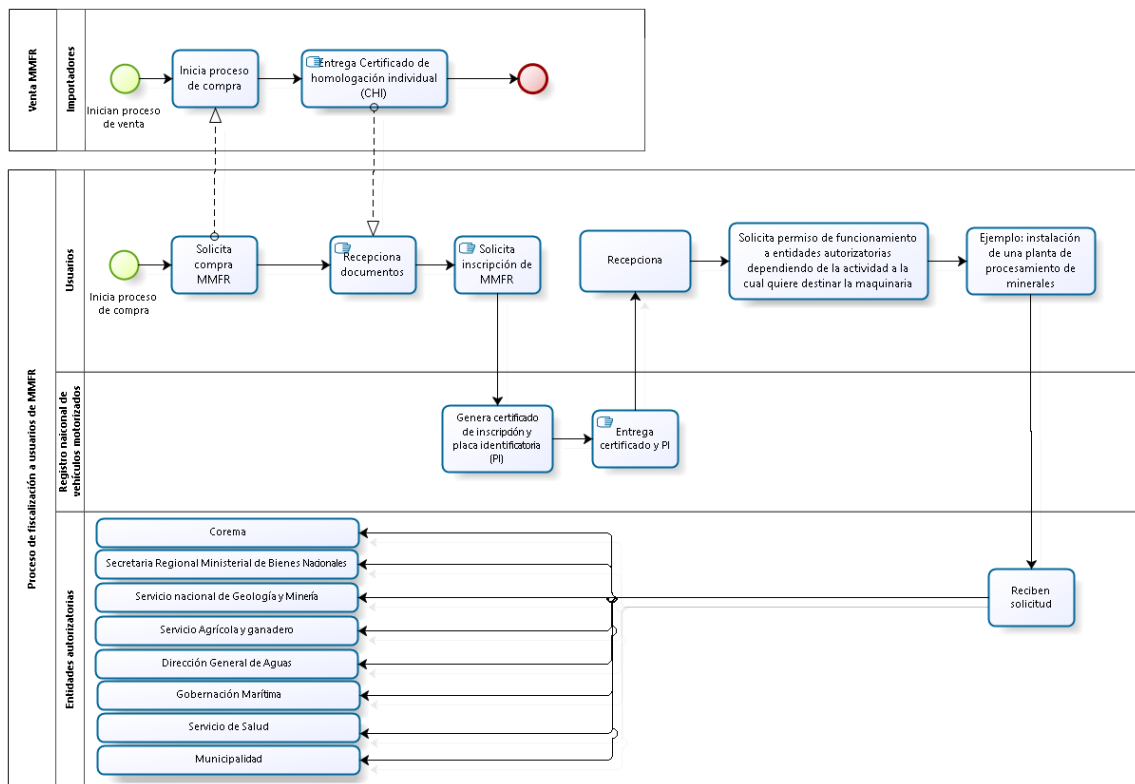
Deberíamos considerar la necesidad de una certificación por parte de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), para comercializar las maquinarias off road. Esto es , la SEC, contra presentación de

Certificado de Homologación y documentos de importación, otorgar la autorización de comercializar estas máquinas a los importadores, fabricantes y comercializadores, por un periodo determinado, en conformidad a su normativa vigente, de modo que si existe alguna infracción de los comercializadores acerca de la Certificación realizada por el 3CV pueda la SEC aplicar las sanciones establecidas en su propio reglamento, de acuerdo a lo que en él indica sus artículos 27 y siguientes del citado Reglamento. De este modo tendríamos una fiscalización preventiva del cumplimiento de la norma realizada para el ingreso de las partidas al país, en que si no cumple, simplemente no entra al país.

Pero luego y sin entrar a sancionar al usuario de la maquinaria off road, sino al que se lo vendió y por lo tanto, supuestamente con un patrimonio mayor, y además, sin recargar a la Superintendencia del Medio Ambiente, podemos aplicar sanciones al comercializador, que incurrió en algunas de las infracciones señaladas en los artículos 27 y siguientes del decreto 298 de 2005, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción., ya identificado.

**Fiscalización post comercialización:**

**Figura 11.2 Flujo proceso de fiscalización post-venta de MMFR**



Fuente: Elaboración propia.

6° Sin perjuicio de lo señalado en el numeral anterior, el Certificado de Homologación y el de la SEC deberán ser exhibidos al momento de solicitarse la primera inscripción en el “Registro de Maquinarias Fuera de Ruta”, del Registro Nacional de Vehículos Motorizados, del Servicio de Registro Civil e Identificación, debiendo otorgarse por el Registro Civil una placa especial, que podrá ser semejante a la placa patente única o una placa diversa, que identifique a la maquinaria según su registro, pero que en definitiva nos permita identificar que ingresó cumpliéndolos requisitos exigidos en términos medio ambientales.

7° Vendidas las unidades y encontrándose destinadas a una actividad determinada, quedaran los usuarios de ellas, sometidas a las fiscalizaciones sectoriales correspondientes. Así, por ejemplo, se requerirá la autorización del Municipio respectivo. El municipio no otorgará el permiso de obra, por ejemplo, si no se acreditan las exigencias medioambientales o de salud de las personas que ocuparan tales maquinarias.

Las maquinarias off road han sido clasificadas por sectores, así encontramos: agrícola-forestal, industrial, construcción y minero.

A modo de ejemplo podemos señalar que de acuerdo a la información que mantiene la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) los:

#### “ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MINERALES

Aquí se describen los procedimientos que se deben cumplir para la instalación de una planta de procesamiento de minerales.

Para su aprobación se deben presentar antecedentes a los siguientes organismos:

1. Corema
2. Secretaria Regional Ministerial de Bienes Nacionales
3. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
4. Servicio Agrícola y Ganadero (S.A.G.)
5. Dirección General de Aguas (D.G.A.)
6. Gobernación Marítima
7. Servicio de Salud
8. Municipalidad

Cada uno de estos actúa en forma independiente para emitir sus Resoluciones, solicitando antecedentes especiales para cada caso.

Para la construcción de un tranque de relaves actúan los mismos organismos con excepción de Bienes Nacionales y la Municipalidad ya que se asume que los permisos de estos organismos son otorgados durante la tramitación de instalación de una planta de beneficio<sup>21</sup>.

En el ejemplo citado estamos esencialmente pensando en un proyecto de la envergadura menor que sólo requiere los permisos sectoriales.

De modo que para hacer uso de las maquinarias off road en el área de la minería, necesariamente deberá someterse y probar que cumple con la normativa ambiental exigida a dicha maquinaria. Es una autorregulación de los diversos servicios que otorgan los permisos en su específica área.

De modo que podríamos cumplir lo anhelado por la Superintendencia, ser proporcionales en los procedimientos y sanciones, pues la fiscalización sectorial será realizada por el sector respectivo al usuario, constituyéndose en su responsabilidad el hacer tal fiscalización.

Si el servicio no realiza su labor fiscalizadora, incurrirá en las responsabilidades respectivas, y el usuario más que una sanción –por regla general- obtendrá una no autorización.

8º.- Por otra parte, las maquinas off road deben ser mantenidas y para ello debe saberse en qué estado se encuentran. Por lo tanto, consideramos que deberán ser objeto de revisión técnica, cada cierto tiempo, a definir por la normativa técnica pertinente. Para ello deberá realizarse un cambio al actual DS N° 156/ 1990, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Entonces podemos señalar que necesitamos:

1.- Norma legal que adapte normativa de aduanas para los requisitos que se van a exigir a la maquinaria fuera de ruta cuando ingrese al país.

2.- Norma reglamentaria que modifique D.S. N° 156/ 1990 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, adaptando a las nuevas necesidades la práctica de revisión técnica de la maquinaria fuera de ruta.

---

<sup>21</sup> [www.sonami.cl/images/stories/pdef/ Tramites necesario para instalar una faena minera](http://www.sonami.cl/images/stories/pdef/Tramites%20necesario%20para%20instalar%20una%20faena%20minera)

3.- D.S. Dictado por Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y Ministerio de Medio Ambiente, para incorporar dentro de las entidades certificadoras técnicas al 3CV para efectos del Certificado de Homologación de la maquinaria off road con el objetivo de otorgar la SEC el permiso para comercializar las maquinarias off road.

## CONSIDERACION FINAL

Hemos querido generar soluciones a los inevitables obstáculos que cualquier proyecto conlleva. Y para ello hemos buscado utilizar la institucionalidad existente con los cambios legales y reglamentarios que hemos considerado necesarios para dar un buen soporte, tanto a la norma de emisiones de las maquinarias off road, como a la normativa de fiscalización para que la norma substancial no sea inoperante.

En ese entendido, generamos control previo fuerte, a través de la certificación del 3CV y de la SEC, que son la puerta al ingreso de la maquinaria a nuestro país en primer término y luego la puerta a la comercialización de la maquinaria off road.

Más adelante cuando ya es necesario el uso de la maquinaria dejamos que sea la propia institucionalizada la que vaya haciendo su trabajo fiscalizador en el uso de las maquinarias dentro del contexto de las autorizaciones sectoriales. En esta etapa si no se cumple con los requisitos para la actividad determinada tampoco se podrá hacer uso de las maquinarias y si no cumplen y se dan los permisos, las sanciones recaerán en la autoridad que otorgan el permiso.

Hemos tratado de respetar el equilibrio que desea mantener la Superintendencia en orden a aplicar la fiscalización de tal manera que no se afecte a los usuarios con sanciones elevadas en razón de su patrimonio y excluirlos de procedimientos engorrosos para ellos y costosos para la propia Superintendencia.

Finalmente, podemos decir que es un tema que debe ser desarrollado en detalle, trabajo no menor, que requiere de una actividad propia y enfocada en tal objetivo para hacer aplicable lo propuesto.

---

## 11.2. COSTOS DE LA FISCALIZACIÓN

---

A continuación se elabora una estimación de los costos de fiscalización, considerando aquellos relacionados con la certificación de la norma. Se ha propuesto como mecanismo esencial de control para el cumplimiento, la certificación de emisiones de los motores para MMFR. Este será un costo sine qua non para la fiscalización. Respecto de otros costos que se originen en el sistema tendrán que ver con definiciones específicas de programas de fiscalización o la ampliación de capacidades sectoriales de fiscalización que por ahora es difícil de estimar.

En cuanto al control por la vía de la Certificación de emisiones se contemplan dos instancias: la certificación misma del motor y la verificación de conformidad. Según el esquema previsto, de esta forma es posible verificar no sólo los antecedentes presentados al 3CV con motivo de la certificación de emisiones del motor, sino también verificar la correspondencia de dichos antecedentes con los motores en la maquinaria comercializada. En tal sentido se deben considerar ambos costos también.

Considerando que las tarifas publicadas por el 3CV<sup>22</sup>, no incluyen el servicio de verificación de conformidad separadamente, para estimar un costo se han utilizado las tarifas publicadas por el 3CV para la Homologación de vehículos Diésel, ya que dicha tarifa incluye la verificación de conformidad entre otros, descontando todos los otros servicios incluidos en esta tarifa y cuyos costos se encuentran detallados en la información del 3CV. De tal forma se ha podido estimar el costo eventual que podría tener la verificación de conformidad de la siguiente forma:

- Se ha supuesto que la verificación de la conformidad supone tanto para vehículos livianos como para MMFR costos similares en tanto no ocupan insumos o recursos diferentes el uno del otro considerando que ambos requieren de un procedimiento de muestreo y verificación en terreno que no dependen del tamaño del vehículo.
- Se han descontado del valor de la homologación del vehículo diésel todos los otros costos tarifados por el 3CV, estimando el saldo como el costo de la verificación de conformidad.

A su vez, para la certificación de las emisiones del motor, se ha utilizado aquella tarifa que da cuenta del procedimiento de revisión de los antecedentes técnicos, que rige tanto para vehículos mediano como vehículos pesados, con el mismo monto.

A continuación se muestran los valores considerados en el cálculo:

---

<sup>22</sup> <http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/Tabla%20de%20cobro%202013.pdf>

**Tabla 11.1 Costo homologación**

ITEM	Homologación Vehículos Livianos Diésel			Certificación MMFR		
	CANT.	VALOR 3CV	TOTAL	CANT.	VALOR 3CV	TOTAL
Prueba homologación de emisiones vehículos livianos, medianos motor diesel	2	447.053	894.106			
Prueba homologación aspectos constructivos y seguridad vehículos livianos, medianos	1	120.069	120.069			
Revisión antecedentes técnicos descriptivos de la configuración a homologar vehículos livianos, medianos	1	98.992	98.992	1	98.992	98.992
Conformidad						
Prueba homologación de emisiones vehículos livianos, medianos motor diesel	1	447.053	447.053			
Muestreo de Conformidad	1		930.629	1	930.629	930.629
Revisión antecedentes técnicos descriptivos de la configuración a homologar vehículos livianos, medianos	1	98.992	98.992			
<b>TOTAL</b>			<b>2.589.841</b>			<b>1.029.621</b>

Fuente: Elaboración propia.

En amarillo la celda que indica el resultado estimado para el muestreo de conformidad. A partir de estos valores entonces se calcula el costo del control en el procedimiento de la Certificación de emisiones en \$ 1.029.621.- por cada Marca-Modelo-Motor (MMM), esto en un caso desfavorable que no considera la posibilidad que da la legislación europea y estadounidense para agrupar MMM por familias.

En todo caso para estimar un impacto de esta cifra sobre el precio de la MMFR es necesario tener una cifra del número de MMM que incorpora la flota de MMFR importada. Mediante las bases de datos de Aduanas y buscando a través de las marcas y modelos de MMFR fue posible identificar un número importante de la flota con detalle de MMM. A continuación se entrega el resultado de esta búsqueda.

**Tabla 11.2 Cantidad estimada de Marca-Modelo-Motor**

Rango potencia	Cantidad MMM Conocidas	Q con MMM conocidas	Q con MMM desconocidas	% conocidas	Prom. Q por MMM conocidas	MMM desconocidas estimadas	Total MMM con estimadas
19 ≤ kW < 37	51	482	267	64%	9	28	79
37 ≤ kW < 56	72	1.363	1.513	47%	19	80	152
56 ≤ kW < 75	104	3.615	1.936	65%	35	56	160
75 ≤ kW < 130	138	2.210	714	76%	16	45	183
130 ≤ kW < 300	139	1.461	1.193	55%	11	114	253
300 ≤ kW < 560	28	273	29	90%	10	3	31

MMM: Marca modelo Motor

Q: Flota de MMFR

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la tabla anterior que, para el rango  $19 \leq kW < 37$ , para el año 2012, se identificó un total de 51 MMM, que representan un total de 482 MMFR (64%), mientras que otras 267 quedaron sin identificación de MMM. Lo anterior da un promedio de 9 máquinas comercializadas por MMM. Si extrapolamos esta cifra, bajo el supuesto que la flota sin identificación de MMM, tendrá el mismo comportamiento de cantidad de máquinas promedio por MMM, es posible calcular en 28 la cantidad de MMM adicionales que no fueron encontradas (MMM desconocidas estimadas). De esta forma se calcula un total de 79 MMM en el rango, con un promedio de 9 máquinas vendidas por cada MMM. Este cálculo se repite para todos los otros rangos de potencia.

Considerando estas cifras es posible prorratear el costo de la certificación y conformidad en el número de máquinas vendidas por cada modelo, como sigue:

**Tabla 11.3 Costos de certificación**

Rango potencia	Costo Certificación	Costo Unitario Promedio con MMM Conocidas	Precio promedio MMFR Agricultura	% (Certif./Precio)	% (Certif./Precio) Por 1 Maq.
19 ≤ kW < 37	1.029.621	114.402	9.485.568	1,21%	10,85%
37 ≤ kW < 56	1.029.621	54.191	15.279.360	0,35%	6,74%
56 ≤ kW < 75	1.029.621	29.418	18.000.384	0,16%	5,72%
75 ≤ kW < 130	1.029.621	64.351	41.488.896	0,16%	2,48%
130 ≤ kW < 300	1.029.621	93.602	46.334.976	0,20%	2,22%
300 ≤ kW < 560	1.029.621	102.962	84.830.208	0,12%	1,21%

Fuente: Elaboración propia.



Según la tabla anterior, el costo de certificación y conformidad por cada unidad vendida varía entre \$ 29.418 y \$114.402, dependiendo del rango de potencia. Esta cifra se ha comparado con el precio promedio de la MMFR en cada rango de potencia, según los datos de valor de la mercadería en Aduanas, observándose que esta cifra representan un pequeño porcentaje del precio, aún si se amortizara dicho costo con las ventas de un año (para las estimaciones de la EPA el costo de certificación es un costo fijo que se recupera dentro de un plazo de 5 años).

## 12. MODELO DE EMISIONES MMFR

Geasur como iniciativa propia para facilitar la toma de decisión de la contraparte técnica de este estudio, ha desarrollado un software denominada MMFR1.0, el cual se encuentra alojado en la web, lo que ayuda al usuario a obtener datos en cualquier lugar.

---

### 12.1. MANUAL DEL ADMINISTRADOR

---

El Sistema MMFR 1.0 es propiedad de la Empresa GEASUR LTDA.-. En este Sistema que llamaremos en adelante solamente MMFR tiene 3 perfiles de usuario, estos perfiles de usuario son los que se indican en la lista adjunta siguiente:

- **Administrador**
- **Usuario 1**
- **Usuario 2**

El Sistema MMFR y sus 3 perfiles de usuario anteriores tienen la particularidad de que se puede instalar en distintos servidores y por lo tanto este Sistema puede trabajar en forma completamente independiente. Las claves del Administrador, y los parámetros de conexión se pueden obtener del archivo web.config de la aplicación, estas variables son básicamente, Usuario y Password del Administrador, nombre de la Base de Datos, MMFR, String de conexión, por defecto esta aplicación trabaja con la base de datos SQL Server 2008, nombre del servidor, SER. Esta aplicación está instalada en el sitio web <http://www.geasur.cl/MMFR/>, y está en estos momentos en la dirección anterior en modo de prototipo. A continuación describiremos algunas funcionalidades del Administrador ya que las funcionalidades de los otros perfiles son muy similares.

Este Sistema MMFR, como se indicó está instalado, entre varias instalaciones en internet en la dirección web: <http://www.geasur.cl/MMFR/>. Luego de digitar la dirección web se ingresa a la siguiente pantalla:

Figura 12.1 Pantalla de ingreso aplicación MMFR



Fuente: Elaboración propia

En la parte superior izquierda de la aplicación, parece los campos para que los usuarios y administrador puedan loguear.

Figura 12.2 Cuadro de ingreso al sistema modelo MMFR



Fuente: Elaboración propia

Luego de autenticarse se ingresa al menú principal de la aplicación en su perfil Administrador, dependiendo esto último de las claves de acceso ingresadas anteriormente.

Figura 12.3 Pantalla de inicio al ingresar al modelo MMFR

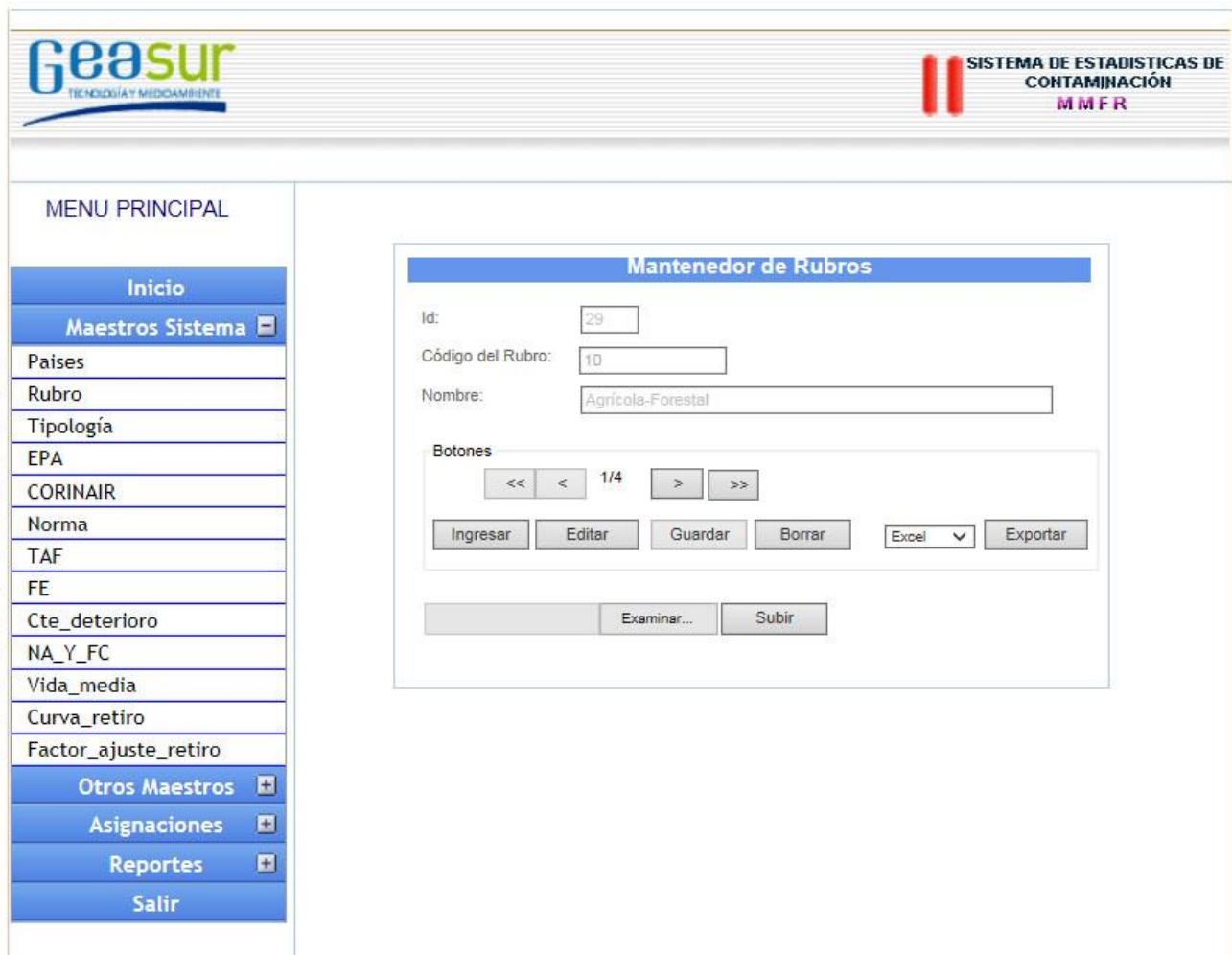


Fuente: Elaboración propia

Como se observa, este ambiente tiene 4 opciones, estas son Inicio, Maestros de Sistema, Otros Maestros, Asignaciones, Reportes y Salir.

Las variables de sesión se destruyen pasados 4 minutos de inactividad del usuario, por lo tanto si transcurre más de 4 minutos de inactividad del usuario, la aplicación lo enviará a la pantalla inicial de autenticación. La segunda opción de este ambiente del Administrador es Maestros Sistema y como vemos en la imagen siguiente, tenemos varias opciones. Para todo lo que viene describiremos la opción Rubro ya que todas las demás opciones siguen la misma lógica de funcionalidad por lo tanto no es necesario explicar cada una de ellas.

Figura 12.4 Maestros sistemas

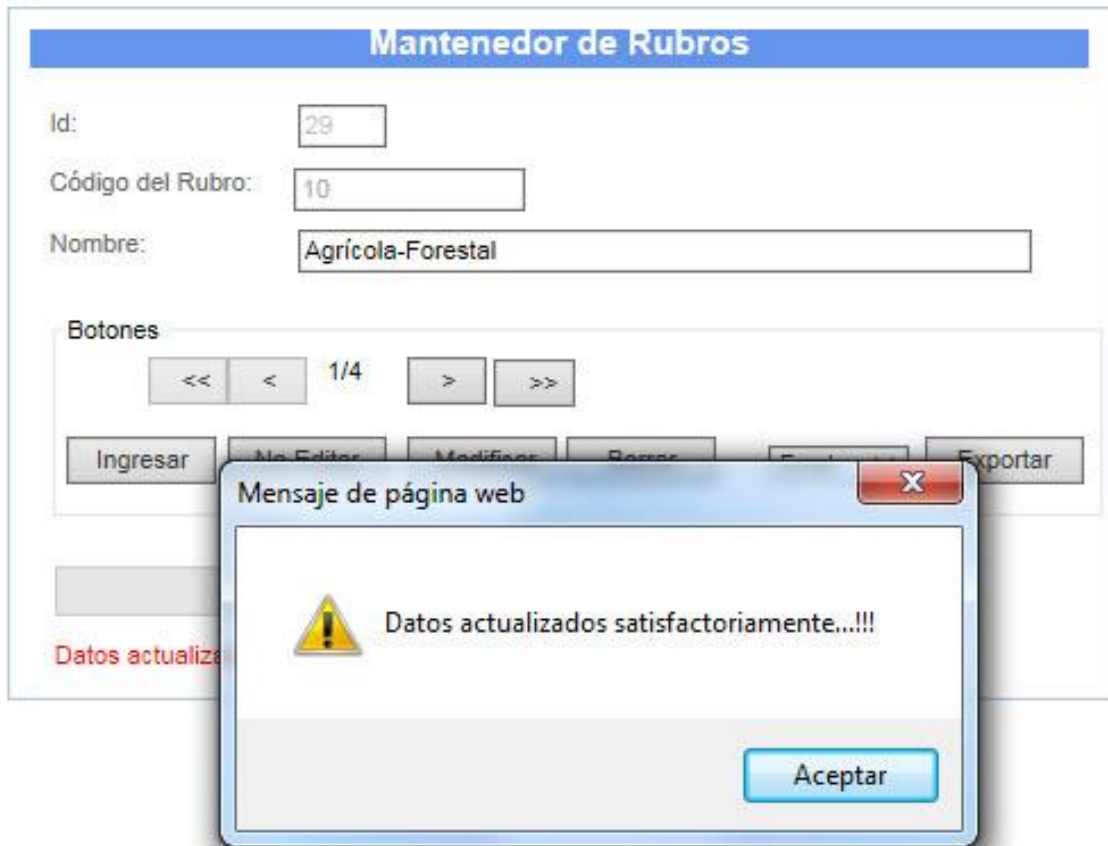


Fuente: Elaboración propia

En esta opción podemos identificar una serie de funcionalidades a simple vista, estas son por ejemplo, que existen botones de navegación sobre los datos, en el panel Botones podemos identificar como dije, botones de navegación a registros, siguiente, anterior, último y primer registro. Al centro de estos botones de navegación tenemos 1/4 que corresponde a que estamos parados en el primer registro y se tienen en total 4 registros, si presionamos el tercer botón Ir al siguiente registro la etiqueta se convertirá en 2/4 es decir estaríamos parados en el segundo registro de un total de 4 registros de la tabla Usuarios. También podemos identificar botones de funcionalidad para Borrar registros, para Ingresar un nuevo registro, para Editar registros para modificar datos de algún registro, podemos guardar los cambios ingresados, podemos cancelar algún cambio que en realidad no queríamos hacer. Tenemos un botón de archivo, en este botón se pueden guardar archivos de Excel que reemplazará al archivo existente, validará los datos y reemplazará a la tabla de datos de rubros en el Sistema. Esto último será descrito en este mismo documento más adelante.

Podemos editar los datos presionando el botón editar. Y luego grabar datos para ser cambiados. Luego de esto aparece un mensaje de datos guardados satisfactoriamente. Como se observa a continuación

**Figura 12.5 Maestros mantenedor de rubros**



Fuente: Elaboración propia

El modelo además cuenta con la opción de exportar los datos, ya sean las tablas maestras o los reportes de emisiones o flota que se desee. A continuación se muestra la exportación de las tablas maestras que contiene este modelo web.

Para realizar esta operación hay que presionar el botón exportar y se abrirá el siguiente cuadro:

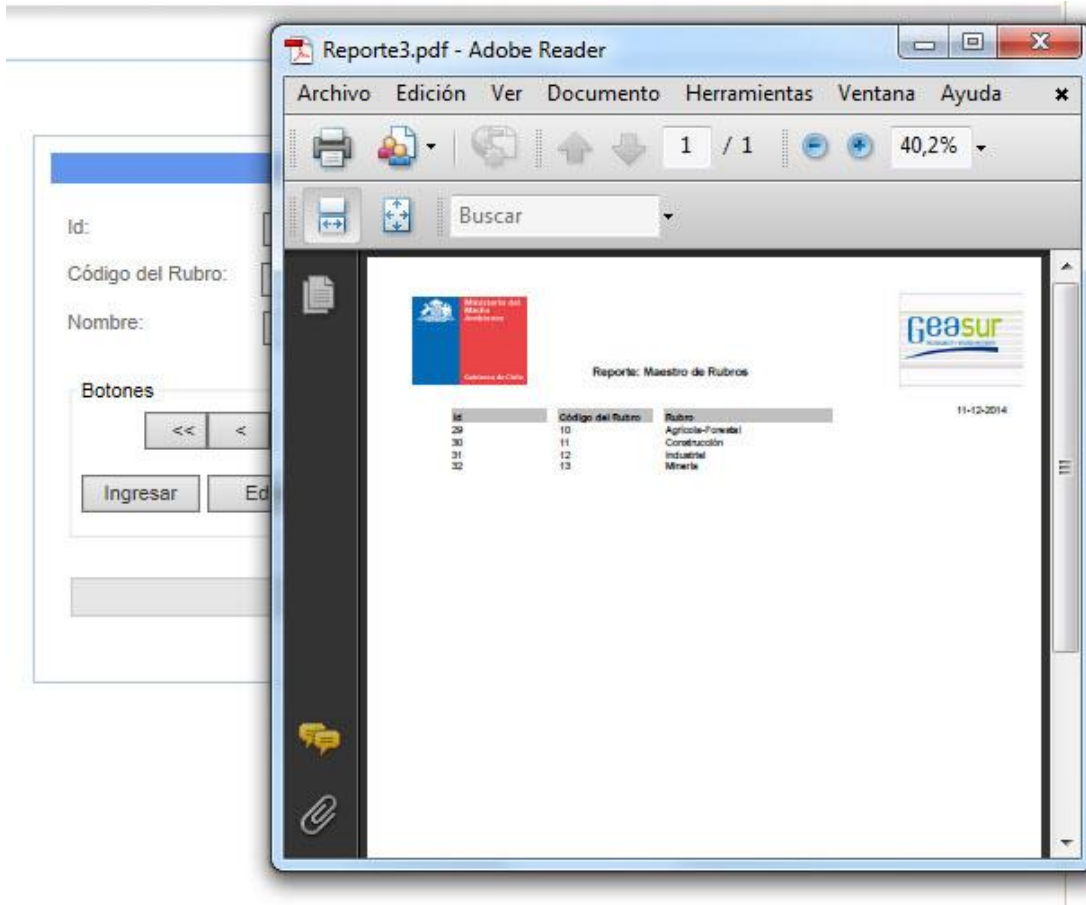
**Figura 12.6** Exportación de datos a través del modelo MMFR

The screenshot displays the 'Mantenedor de Rubros' interface. It features a blue header with the title 'Mantenedor de Rubros'. Below the header, there are three input fields: 'Id:' with the value '30', 'Código del Rubro:' with the value '11', and 'Nombre:' with the value 'Construcción'. A section titled 'Botones' contains several buttons: '<<', '<', '2/4', '>', '>>', 'Ingresar', 'Editar', 'Guardar', 'Borrar', 'Exportar', 'Examinar...', and 'Subir'. The 'Exportar' button is highlighted, and a dropdown menu is open, showing the options 'Excel', 'PDF', 'RTF', and 'Word'.

Fuente: Elaboración propia

Luego se presiona botón Exportar y se abre, en este caso un nuevo formulario, que para el caso de este ejemplo se fueron los datos a PDF como se muestra en figura 16 siguiente:

Figura 12.7 Ejemplo de exportación de datos del modelo

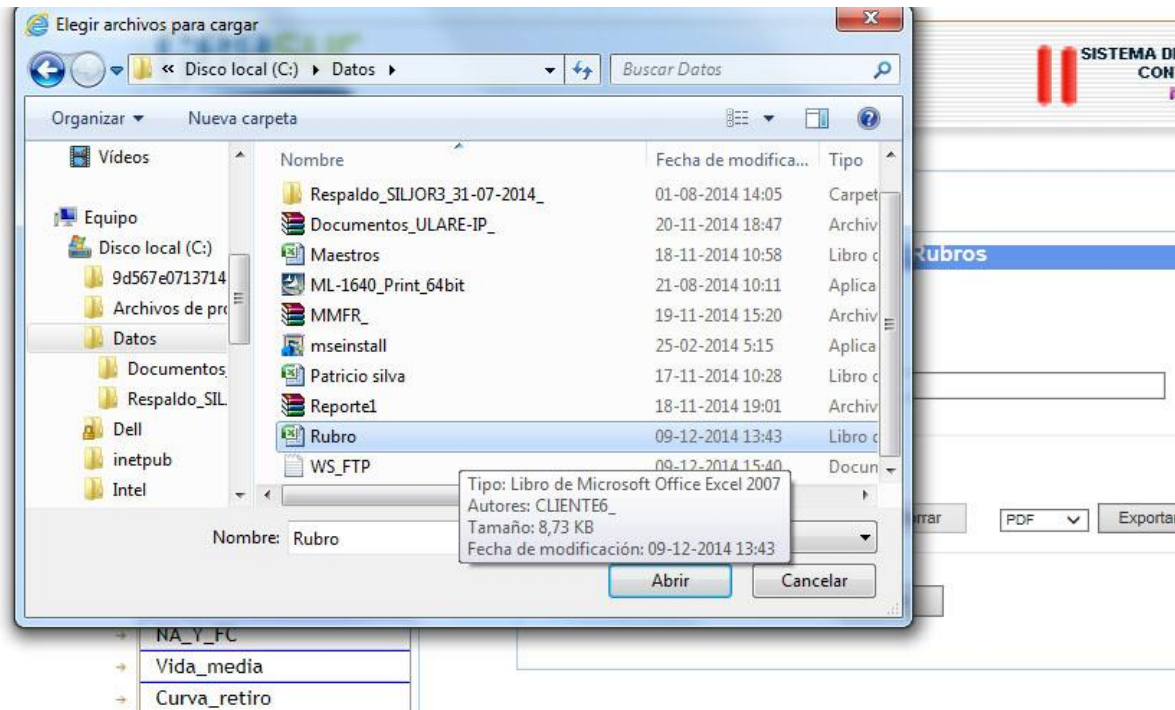


Fuente: Elaboración propia

Por último el modelo para facilitar la actualización de datos del modelo, cuenta con la opción de exportar archivos a través de planillas Excel. Al presionar el botón examinar se abre la siguiente ventana:



Figura 12.8 Ejemplo de importación de datos al modelo



Fuente: Elaboración propia

Finalmente aparece un mensaje que confirma que planilla Excel fue subida satisfactoriamente al servidor y que en la Base de datos, en este caso Rubro, fueron los datos reemplazados por los datos de ésta última planilla.

## 13. CONCLUSIÓN

- Ha sido posible determinar, a partir de la información de importaciones de Aduanas, la flota de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta a nivel nacional con detalle de tipo maquinaria, potencia, tipo de combustible y sector o rubro. Para la información no disponible se ha utilizado información internacional de nivel de actividad, factores de emisión, factor de carga y factor transiente.
- Se han comparado los dos modelos internacionales más relevantes para la estimación de los niveles de línea base de emisiones para la MMFR (EPA y CORINAIR), demostrándose que existe gran similitud en ambos modelos, excepto para los factores de emisión utilizados, que resultan notoriamente menores en el modelo de EPA, ya que este considera los valores de certificación de los motores fuera de ruta versus el de CORINAIR que considera en general como Factor de Emisión, el límite de emisiones que establece la norma.
- Se ha optado la modelación de emisiones de la línea base mediante el uso del modelo EPA en consideración de su mayor nivel de detalle y flexibilidad para incorporar valores locales como el nivel de azufre y el modelo de chatarrización por vida media y factor de carga.
- No obstante lo anterior, para alimentar el modelo EPA se prefirieron los factores de emisión CORINAIR, dado que pueden interpretar mejor el nivel de emisiones local, con diversidad de fabricantes y de orígenes, que no necesariamente se ajustarán a los niveles de emisión de los equipos certificados por la EPA.
- A fin de perfeccionar la información extrapolada de fuentes internacionales con datos locales y a la vez validar los datos obtenidos o inferidos de la información de importaciones se propone un conjunto de encuestas a importadores y usuarios de maquinaria en los distintos rubros que permita contar con información local en parámetros tan relevantes como Nivel de Actividad, Factor de Carga, Nivel tecnológico, etc.

### **Análisis de resultados:**

- Durante el desarrollo del estudio se observó el impacto que tienen las maquinarias antiguas estimadas a través de PRT, pues son todas maquinarias sin nivel tecnológico, incrementándose entre los dos escenarios de flota un 32% el MP y un 21% el NOx.
- Para los resultados del año base 2013 se obtuvo que las emisiones de NOx y de MP2,5 respecto a todas las fuentes móviles del país equivalen a un 36% - 44%, para el NOx, y entre un 288% - 382%, para el Mp2,5. Lo que es preocupantes, puesto que las MMFR son 117.403 máquinas (si se considera las maquinarias de Aduanas más las estimadas anteriores al 2000), lo que representa un 2,8% de la flota on-road (el parque de vehículos en ruta es de 4.142.981. Fuente: INE 2013).

- Se observó también que los mayores aportes de emisiones se encuentran en los sectores Construcción, primero, y Agricultura-Forestal, segundo. A su vez dentro de estos dos rubros los rangos de potencia relevantes en términos de aporte de emisiones están entre 56 y 300 kW. En el caso de agricultura, el rango 37-56 kW también es relevante.
- A partir del punto anterior y de los resultados obtenidos este consultor propone el siguiente escenario normativo alternativo a los conversados con la contraparte.

**Escenario propuesto:** aplicar en el año 2018 la norma Stage IIIB a todas las maquinarias con potencias mayores a 56 kW y menor a 560 kW a excepción de los equipos utilizados en el rubro agrícola-forestal, a los cuales sólo se les aplicara la normativa de la Fase I, esta diferencia se hace ya que de acuerdo a la experiencia de legislaciones internacionales, este sector ha contado con excepciones o retrasos en la implementación de estas regulaciones.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- [EPA 1998] “Final Regulatory Impact Analysis: Control of Emissions from Nonroad Diesel Engines”, EPA420-R-98-016. 1998
- [EPA 2004] “Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition”, EPA420-P-04-009, April 2004, NR-009c
- [EPA 2004-A] “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling”, EPA-420-R-10-016 NR-005d July 2010.
- [EPA 2004-B] “Final Regulatory Analysis: Control of Emissions from Nonroad Diesel Engines”, EPA420-R-04-007, Mayo 2004.
- [EPA 2005] “User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model”, EPA420-R-05-013 December 2005.
- [EPA 2005-A] “Conversion Factors for Hydrocarbon EmissionComponents”. EPA420-R-05-015 December 2005 NR-002c.
- [EPA 2005-B] “Calculation of Age Distributions in the Nonroad Model: Growth and Scrappage”, EPA420-R-05-018 December 2005 NR-007c.
- [EPA 2011] <http://www.epa.gov/ttnchie1/net/2011inventory.html>
- [EPA GOV] Límites normativos EPA: <http://www.epa.gov/otag/standards/nonroad/nonroadci.htm>
- DIESELNET <https://www.dieselnet.com/>
- [CORINAIR 2013] “Non-road mobile sources and machinery”, Guidebook 2013.
- [Directiva 97/68/CE] DIRECTIVA 97/68/CE del parlamento europeo y del consejo, actualizada al 10-01-2013.
- [GEASUR 2013] “Elaboración de Diagnóstico e Inventario de Emisión para Maquinaria Fuera de Ruta”, estudio realizado por Geasur el año 2013.
- [MODEM 2010] Modelo de Emisiones de Fuentes Móviles, SECTRA
- [Winter and Nielse 2006] “Fuel use and emissions from non-road machinery in Denmark from 1985–2004 – and projections from 2005-2030”, Environmental Project No. 1092 2006 Miljøprojekt.
- [RETC 2012] <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/channel.html>

## ANEXO I. Tipología Maquinaria fuera de ruta por rubro

Rubros	MMFR
Agrícola	Cosechadora
	Deshojadora
	Desmalezador
	Maquina Vendimiadora
	Plataforma Telescópica
	Recolector Agrícola
	Sacudidor
	Sembradora
	Tractor
	Trilladora
	Zanjadora
Forestal	Arrastrador De Tronco
	Cargador De Troncos
	Grúa Telescópica
	Rodillo
	Tractor
Minería	Minicargador
	Bulldozer
	Camión Tolva
	Cargador Frontal
	Dumper
	Excavadora
	Grúa Horquilla
	Maquina Para Hacer Túneles
	Motoniveladora
	Perforador
	Retroexcavadora
	Rodillo

Rubros	MMFR
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
Rodillo	

## ANEXO II. Factor transiente metodología EPA

Tipología	HC	CO	NOx		PM	
	Sin norma-T3	Sin norma-T3	Sin norma-T2	Tier 3	Sin norma-T2	Tier 3
Barredoras / Depuradores	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Bulldozer Neumático Goma	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Camiones Fuera de Carretera	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Cargador con ruedas de goma	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Cosechadora Agricultura	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Dumper	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Elevador Aéreo	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Excavadoras	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Grúas	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Logging Equip Fell / Bunch / Skidders	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Mini-cargadoras	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Mini-excavadora	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Montacargas / grúa Horquilla	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Montacargas todoterreno	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Motoniveladoras	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Motos de nieve	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Otro Equipo Agrícola	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Otro Equipo Para Minería Subterránea	1	1	1	1	1	1
Otro material de construcción	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Otros industrial general Equipo	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Pavimentadora	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Perforadora / Taladro	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Rodillos	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	1,05	1,53	0,95	1,04	1,23	1,47
Tractores agrícolas	1	1	1	1	1	1
Zanjadoras	2,29	2,57	1,1	1,21	1,97	2,37

### ANEXO III. Tabla de retiro EPA


Edad / Vida útil	Retiro acumulado (%)
0,0000	0
0,0588	1
0,1694	3
0,2710	5
0,3639	7
0,4486	9
0,5254	11
0,5948	13
0,6570	15
0,7125	17
0,7617	19
0,8049	21
0,8425	23
0,8750	25
0,9027	27
0,9259	29
0,9451	31
0,9607	33
0,9730	35
0,9824	37
0,9894	39
0,9942	41
0,9973	43
0,9990	45
1,0000	50

Edad / Vida útil	Retiro acumulado (%)
Continuación...	
1,0010	55
1,0027	57
1,0058	59
1,0106	61
1,0176	63
1,0270	65
1,0393	67
1,0549	69
1,0741	71
1,0973	73
1,1250	75
1,1575	77
1,1951	79
1,2383	81
1,2875	83
1,3430	85
1,4052	87
1,4746	89
1,5514	91
1,6361	93
1,7290	95
1,8306	97
1,9412	99
2,0000	100

## ANEXO IV. Tipologías y definiciones maquinaria fuera de ruta

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Asfaltadora	Maquinaria autopropulsada usada para pavimentar.	Pavimentadora, Terminadora, Maquina asfaltadora.	
Barredora	Vehículos de barrido autopropulsado.	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	
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	



Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
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 u 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	
Grúa horquilla todo terreno	Se pueden confundir con los montacargas típicos, pero poseen ruedas más robustas para trabajo todoterreno. Utilizadas en construcción, minería, forestal y agricultura.	Grúa telescópica, grúas.	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Grúa telescópica	Grúas autopropulsadas que usan cables de elevación. No confundir con equipamientos montados en camiones u otros equipos de uso en carretera.	Grúas Horquillas, montacargas pertenecientes al construcción, minería, forestal y agricultura	
Minicargador	Es un cargador frontal más pequeño que utiliza un cubo como accesorio principal. Puede utilizar otros equipamientos como un perforador.	Minicargador	
Miniexcavadora	Generalmente montada sobre cadenas es una máquina autopropulsada diseñada principalmente para excavar con una cuchara.	Miniexcavadora	
Motoniveladora	Utilizadas para preparar un sitio, sobre todo un camino para la pavimentación.	Motoniveladora	
Manipulador	Maquinaria autopropulsada para la manipulación de objetos en altura.	Manipulador telescópico, manipulador	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Otros equipos agrícolas	Otros tipos diferentes de equipos especiales de cultivo y uso agrícola no especificados anteriormente (Vendimiadora, recolectores, sembradora).	Recolector agrícola, sembradora, sacudidor, maquina vendimiadora	
Otros equipos de construcción	Categorizada a los equipos no categorizado anteriormente utilizados en el rubro de la construcción.	Tendetubo	
Otros equipos en minas subterráneas	Categorizada a los equipos no categorizado anteriormente utilizados para realizar túneles especialmente diseñado trabajar espacios confinados (Maquina para hacer túneles)	Maquina tunelera, máquina para hacer túneles	
Perforador	Equipos de perforación autopropulsados utilizados para el movimiento de tierra.	Perforadora, perforador	
Plataforma telescópica	Plataformas telescópicas (articulado, tijeras, y otros), equipo de ascensores para el personal también llamado levanta hombre.	Plataforma de Elevación, Plataforma Tijeras, plataforma telescópica	

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Quitanieve	Maquinaria para remover nieve autopropulsada. No confundir con accesorios utilizados en otros vehículos de carretera.	Quitanieve	
Retroexcavadora	Maquinaria multipropósito que posee una pala cargadora y una cuba. Que cumple la función de una excavadora y un cargador frontal.	Retroexcavadora	
Rodillo	Rodillos autopropulsado, utilizado para aplanar o compactar el suelo (no debe confundirse con compactadores de placas más pequeñas).	Rodillo compactador, rodillo aplanador	
Tractor	Tractores grandes y pequeños, utilizados para remolcar, arrastrar o empujar. De uso en construcción y minería.	Tractor pertenecientes al rubro construcción y minería.	
Tractor Agrícola	Tractores grandes y pequeños, utilizados para remolcar, arrastrar o empujar. De uso agrícola.	Tractor perteneciente al rubro agrícola.	
Zanjadora	Zanjadoras grandes y pequeñas normalmente utilizando un frente de rotación giratorio, para tirar el material de zanja y distribuirlo a un lado.	Zanjadora	

## ANEXO V. Comparación factor carga, nivel de actividad, factor transiente y factor deterioro

A continuación se detallan las comparaciones entre la información EPA y Corinair, sobre la base de los datos Corinair como referencia.

### COMPARACIÓN PORCENTUAL DEL FACTOR DE DETERIORO EPA/CORINAIR

Rubro Final	TIPOLOGIA	Factor de deterioro promedio anual				Factor de deterioro promedio máximo			
		HC	CO	NOx	PM	HC	CO	NOx	PM
Agrícola	Tractor	99%	99%	100%	100%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Retroexcavadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Grúa Horquilla	99%	101%	100%	107%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Minicargador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Minería	Excavadora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Minería	Cargador Frontal	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Excavadora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Rodillo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Cosechadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Minería	Perforador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Plataforma Telescópica	99%	99%	100%	98%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Perforador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Plataforma Telescópica	99%	99%	100%	98%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Sembradora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Bulldozer	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Motoniveladora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Industria	Cargador Frontal	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Industria	Manipulador	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Cargador Frontal	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Minería	Camión Tolva	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Grúa Telescópica	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Miniexcavadora	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Forestal	Cargador De Troncos	99%	101%	100%	104%	83%	91%	102%	95%
Forestal	Tractor	99%	99%	100%	100%	83%	91%	102%	95%
Minería	Manipulador	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Camión Tolva	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Minería	Maquina Para Hacer	99%	99%	100%	100%	83%	91%	102%	95%



Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país

Rubro Final	TIPOLOGIA	Factor de deterioro promedio anual				Factor de deterioro promedio máximo			
		HC	CO	NOx	PM	HC	CO	NOx	PM
	Túneles								
Minería	Dumper	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Maquina Vendimiadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Asfaltadora	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Recolector Agrícola	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Minería	Retroexcavadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Minería	Motoniveladora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Manipulador	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Tiendetubo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Minería	Plataforma Telescópica	99%	99%	100%	98%	83%	91%	102%	95%
Forestal	Arrastrador De Tronco	99%	101%	100%	104%	83%	91%	102%	95%
Industria	Grúa Telescópica	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Maquina Para Hacer Túneles	99%	99%	100%	100%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Dumper	99%	99%	100%	98%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Grúa Horquilla	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Sacudidor	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Grúa Horquilla	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Forestal	Grúa Telescópica	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Cargador Frontal	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Quitanieve	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Minería	Rodillo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Excavadora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Minería	Grúa Horquilla	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Grúa Telescópica	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Minería	Bulldozer	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Industria	Rodillo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Minería	Grúa Telescópica	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Minería	Minicargador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Camión Tolva	99%	101%	100%	107%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Plataforma Telescópica	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Retroexcavadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Minicargador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Barredora	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Barredora	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Tractor	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%

Rubro Final	TIPOLOGIA	Factor de deterioro promedio anual				Factor de deterioro promedio máximo			
		HC	CO	NOx	PM	HC	CO	NOx	PM
Minería	Zanjadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Retroexcavadora	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Minería	Tractor	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Bulldozer	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Industria	Excavadora	99%	100%	100%	103%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Rodillo	99%	101%	100%	105%	83%	91%	102%	95%
Construcción	Barredora	99%	100%	100%	102%	83%	91%	102%	95%
Agrícola	Miniexcavadora	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Minería	Miniexcavadora	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Minería	Tiendetubo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Forestal	Rodillo	99%	100%	100%	101%	83%	91%	102%	95%
Industria	Minicargador	99%	99%	100%	100%	83%	91%	102%	95%
Minería	Quitanieve	99%	99%	100%	97%	83%	91%	102%	95%
Industria	Perforador	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%
Industria	Tractor	99%	99%	100%	99%	83%	91%	102%	95%

### COMPARACIÓN FACTORES TRANSIENTES

Rubro Final	Tipología	HC	CO	NOx		PM	
		Sin norma-T3	Sin norma-T3	Sin norma, T0-T2	Tier 3	Sin norma, T0-T2	Tier 3
Agrícola	TRACTOR	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Construcción	RETROEXCAVADORA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Industria	GRUA HORQUILLA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Construcción	MINICARGADOR	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Minería	EXCAVADORA	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Minería	CARGADOR FRONTAL	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Construcción	EXCAVADORA	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Construcción	RODILLO	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Agrícola	COSECHADORA	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Minería	PERFORADOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Industria	PLATAFORMA TELESCOPICA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Construcción	PERFORADOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	PLATAFORMA TELESCOPICA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Agrícola	SEMBRADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	BULLDOZER	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Construcción	MOTONIVELADORA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Industria	CARGADOR FRONTAL	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Industria	MANIPULADOR	95%	65%	105%	105%	81%	81%
Construcción	CARGADOR FRONTAL	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Minería	CAMION TOLVA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Rubro Final	Tipología	HC	CO	NOx		PM	
		Sin norma-T3	Sin norma-T3	Sin norma, T0-T2	Tier 3	Sin norma, T0-T2	Tier 3
Construcción	GRUA TELESCOPICA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	MINIEXCAVADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Forestal	CARGADOR DE TRONCOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Forestal	TRACTOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	MANIPULADOR	95%	65%	105%	105%	81%	81%
Construcción	CAMION TOLVA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	MAQUINA PARA HACER TUNELES	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	DUMPER	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Agrícola	MAQUINA VENDIMIADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	ASFALTADORA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Agrícola	RECOLECTOR AGRICOLA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	RETROEXCAVADORA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Minería	MOTONIVELADORA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Construcción	MANIPULADOR	95%	65%	105%	105%	81%	81%
Construcción	TIENDETUBO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	PLATAFORMA TELESCOPICA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Forestal	ARRASTADOR DE TRONCO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Industria	GRUA TELESCOPICA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	MAQUINA PARA HACER TUNELES	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	DUMPER	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Construcción	GRUA HORQUILLA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Agrícola	SACUDIDOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Agrícola	GRUA HORQUILLA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Forestal	GRUA TELESCOPICA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Agrícola	CARGADOR FRONTAL	218%	168%	116%	127%	160%	193%
Industria	QUITANIEVE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	RODILLO	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Agrícola	EXCAVADORA	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Minería	GRUA HORQUILLA	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Agrícola	GRUA TELESCOPICA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	BULLDOZER	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Industria	RODILLO	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Minería	GRUA TELESCOPICA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	MINICARGADOR	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Agrícola	CAMION TOLVA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Agrícola	PLATAFORMA TELESCOPICA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Agrícola	RETROEXCAVADORA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Agrícola	MINICARGADOR	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Industria	BARREDORA	44%	39%	91%	91%	51%	51%
Agrícola	BARREDORA	44%	39%	91%	91%	51%	51%
Construcción	TRACTOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	ZANJADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Industria	RETROEXCAVADORA	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Minería	TRACTOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Agrícola	BULLDOZER	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Industria	EXCAVADORA	100%	100%	100%	109%	100%	120%
Agrícola	RODILLO	46%	60%	86%	95%	62%	75%



Rubro Final	Tipología	HC	CO	NOx		PM	
		Sin norma-T3	Sin norma-T3	Sin norma, T0-T2	Tier 3	Sin norma, T0-T2	Tier 3
Construcción	BARREDORA	44%	39%	91%	91%	51%	51%
Agrícola	MINIEXCAVADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	MINIEXCAVADORA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minería	TIENDETUBO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Forestal	RODILLO	46%	60%	86%	95%	62%	75%
Industria	MINICARGADOR	100%	100%	100%	110%	100%	120%
Minería	QUITANIEVE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Industria	PERFORADOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Industria	TRACTOR	NA	NA	NA	NA	NA	NA

\*\*Nota: cuando un valor entrega un mensaje de “NA”, quiere decir que el Corinair o La EPA no reporta un factor transiente, por lo tanto no existe comparación.

### COMPARACIÓN NIVEL DE ACTIVIDAD Y FACTOR DE CARGA

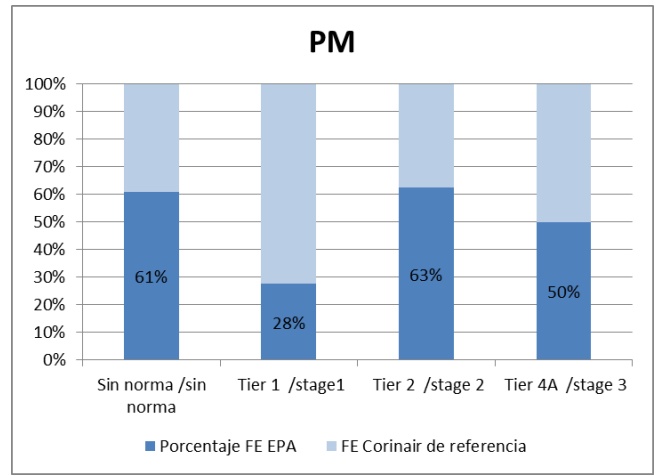
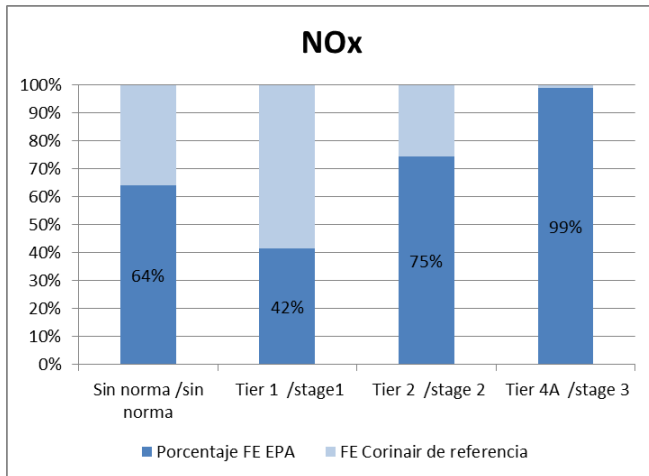
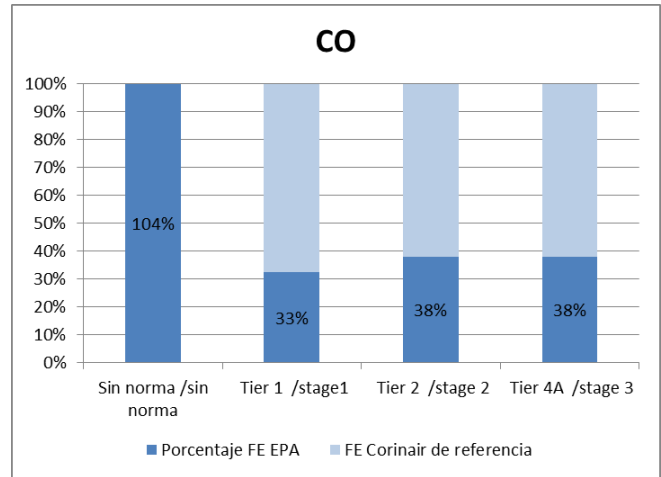
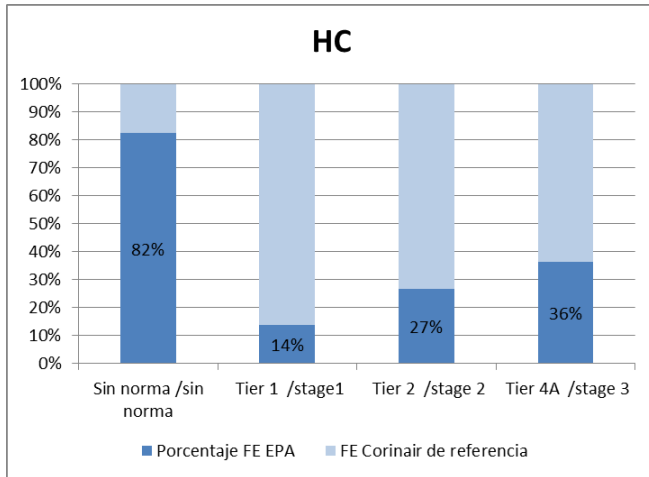
Rubro	Tipología	NA %	FC %
Agrícola	Tractor	63%	118%
Construcción	Retroexcavadora	162%	47%
Industria	Grúa Horquilla	142%	219%
Construcción	Minicargador	117%	53%
Minería	Excavadora	91%	118%
Minería	Cargador Frontal	63%	118%
Construcción	Excavadora	91%	118%
Construcción	Rodillo	127%	131%
Agrícola	Cosechadora	363%	74%
Minería	Perforador	NA	NA
Industria	Plataforma Telescópica	96%	53%
Construcción	Perforador	NA	NA
Construcción	Plataforma Telescópica	96%	53%
Agrícola	Sembradora	NA	NA
Construcción	Bulldozer	82%	118%
Construcción	Motoniveladora	137%	148%
Industria	Cargador Frontal	63%	118%
Industria	Manipulador	88%	86%
Construcción	Cargador Frontal	63%	118%
Minería	Camión Tolva	NA	NA
Construcción	Grúa Telescópica	NA	NA
Construcción	Miniexcavadora	NA	NA
Forestal	Cargador De Troncos	NA	NA
Forestal	Tractor	NA	NA
Minería	Manipulador	88%	86%
Construcción	Camión Tolva	NA	NA
Minería	Maquina Para Hacer Túneles	NA	NA
Minería	Dumper	NA	NA
Agrícola	Maquina Vendimiadora	NA	NA
Construcción	Asfaltadora	117%	169%
Agrícola	Recolector Agrícola	NA	NA

Rubro	Tipología	NA %	FC %
Minería	Retroexcavadora	162%	47%
Minería	Motoniveladora	137%	148%
Construcción	Manipulador	88%	86%
Construcción	Tiendetubo	NA	NA
Minería	Plataforma Telescópica	96%	53%
Forestal	Arrastrador De Tronco	NA	NA
Industria	Grúa Telescópica	NA	NA
Construcción	Maquina Para Hacer Túneles	NA	NA
Construcción	Dumper	NA	NA
Construcción	Grúa Horquilla	55%	219%
Agrícola	Sacudidor	NA	NA
Agrícola	Grúa Horquilla	55%	219%
Forestal	Grúa Telescópica	NA	NA
Agrícola	Cargador Frontal	95%	42%
Industria	Quitanieve	NA	NA
Minería	Rodillo	127%	131%
Agrícola	Excavadora	91%	118%
Minería	Grúa Horquilla	55%	219%
Agrícola	Grúa Telescópica	NA	NA
Minería	Bulldozer	82%	118%
Industria	Rodillo	127%	131%
Minería	Grúa Telescópica	NA	NA
Minería	Minicargador	117%	53%
Agrícola	Camión Tolva	NA	NA
Agrícola	Plataforma Telescópica	96%	53%
Agrícola	Retroexcavadora	162%	47%
Agrícola	Minicargador	117%	53%
Industria	Barredora	407%	108%
Agrícola	Barredora	407%	108%
Construcción	Tractor	NA	NA
Minería	Zanjadora	NA	NA
Industria	Retroexcavadora	162%	47%
Minería	Tractor	NA	NA
Agrícola	Bulldozer	82%	118%
Industria	Excavadora	91%	118%
Agrícola	Rodillo	127%	131%
Construcción	Barredora	407%	108%
Agrícola	Miniexcavadora	NA	NA
Minería	Miniexcavadora	NA	NA
Minería	Tiendetubo	NA	NA
Forestal	Rodillo	127%	131%
Industria	Minicargador	117%	53%
Minería	Quitanieve	NA	NA
Industria	Perforador	NA	NA
Industria	Tractor	NA	NA

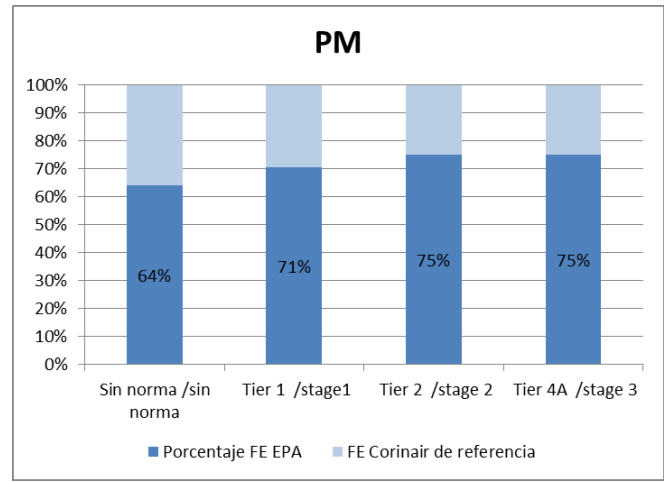
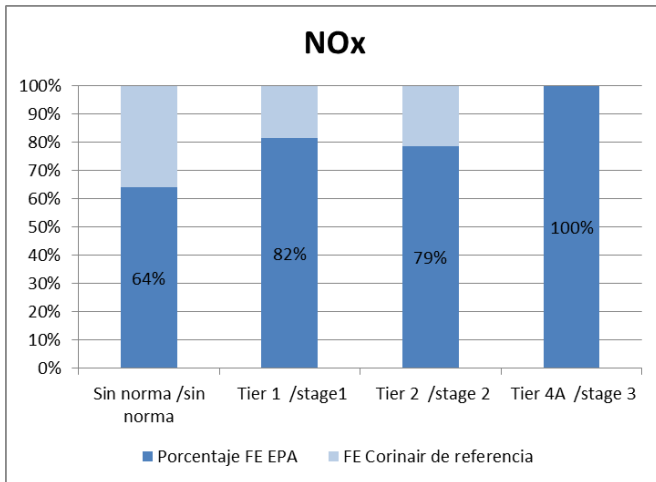
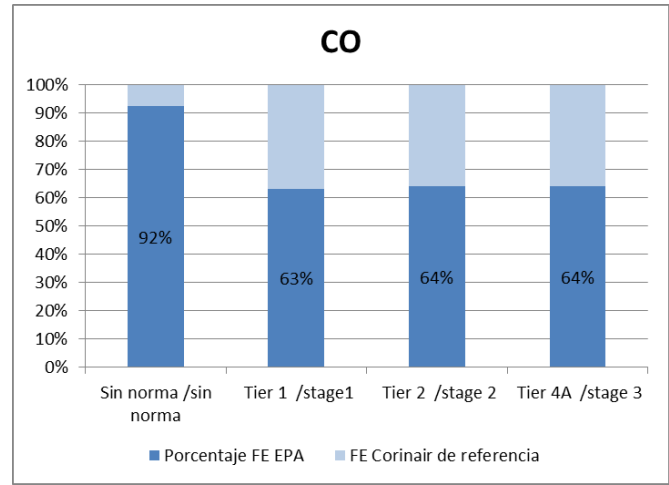
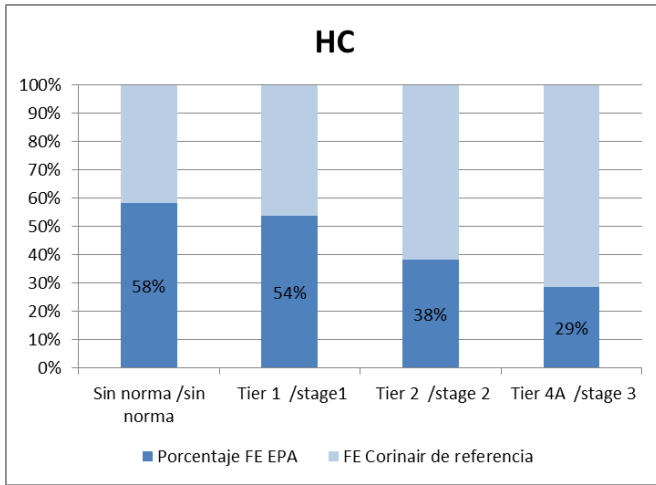
\*\*Nota: cuando un valor entrega un mensaje de “NA”, quiere decir que el Corinair o La EPA no reporta un valor, lo que hace que no se pueda realizar una comparación.

## ANEXO VI. Comparación factores de emisión por contaminante

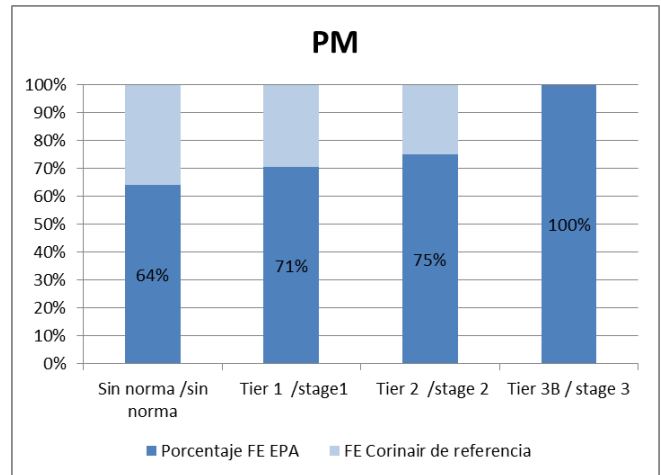
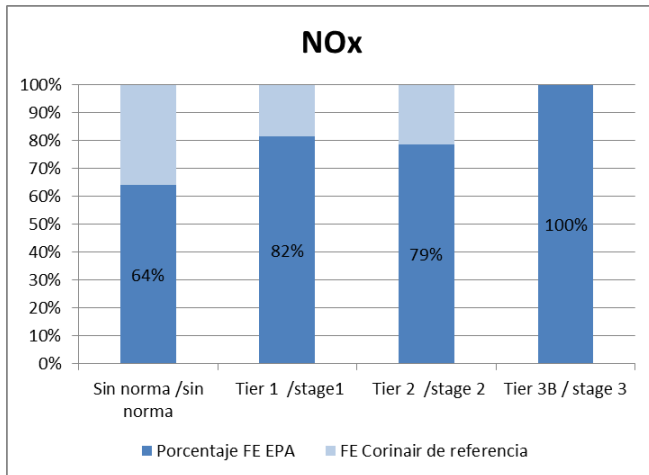
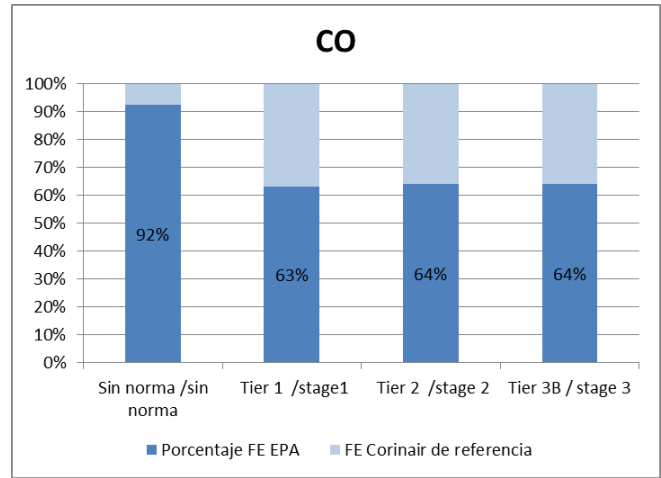
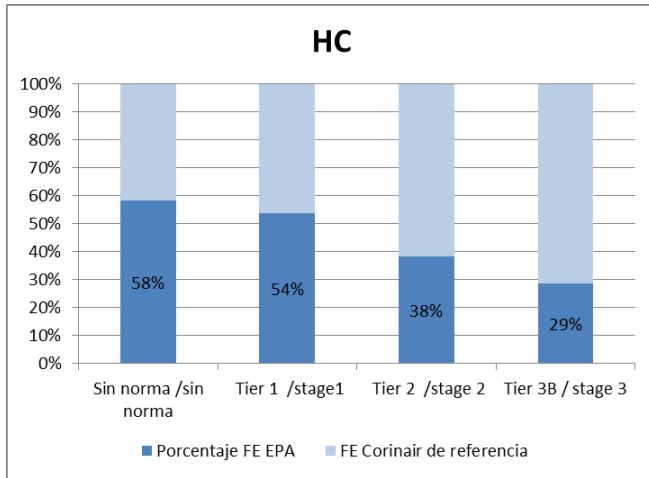
### COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE $19 \leq \text{kW} < 37$



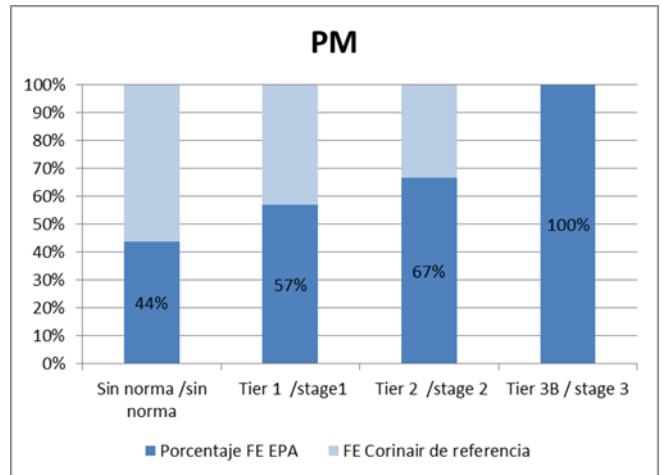
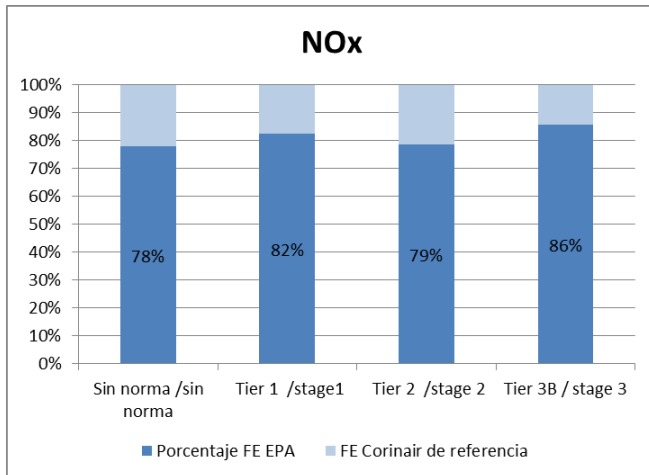
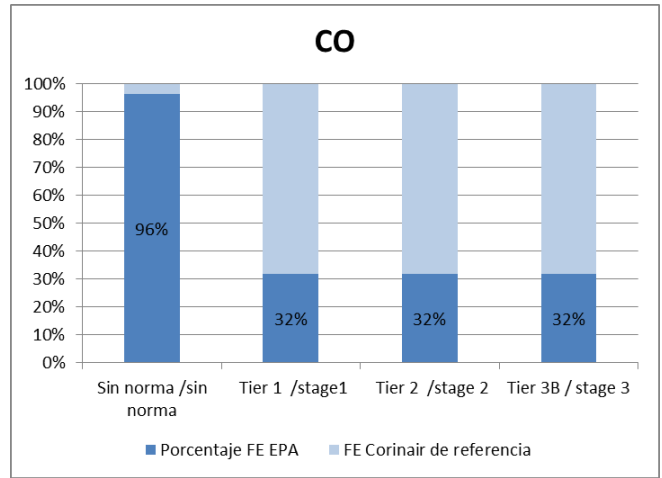
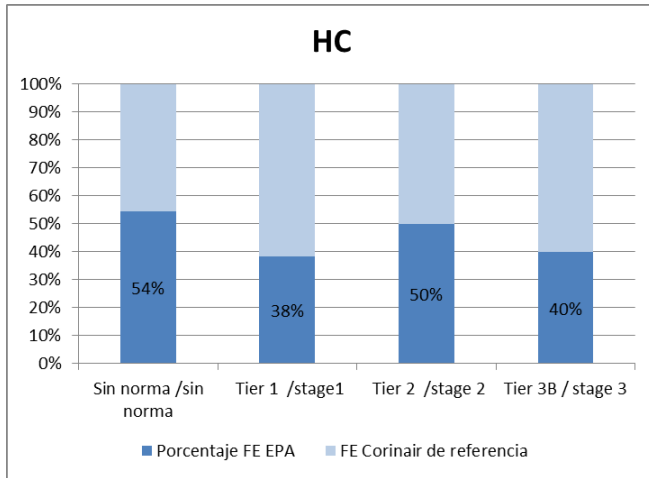
**COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE  $37 \leq kW < 56$**



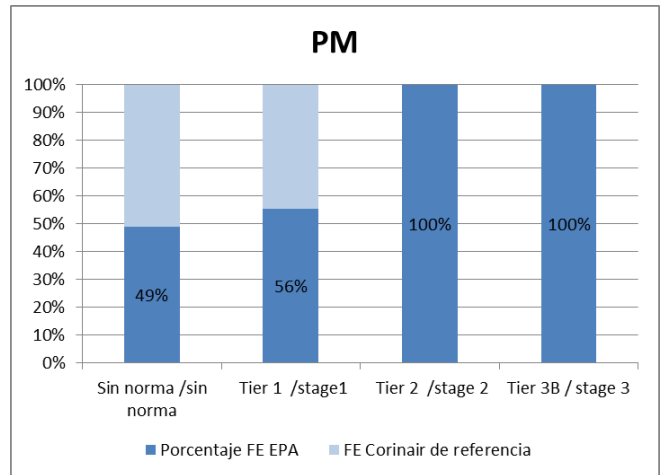
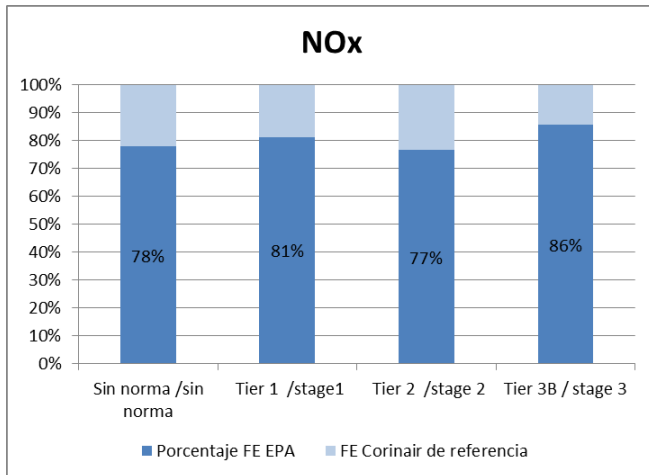
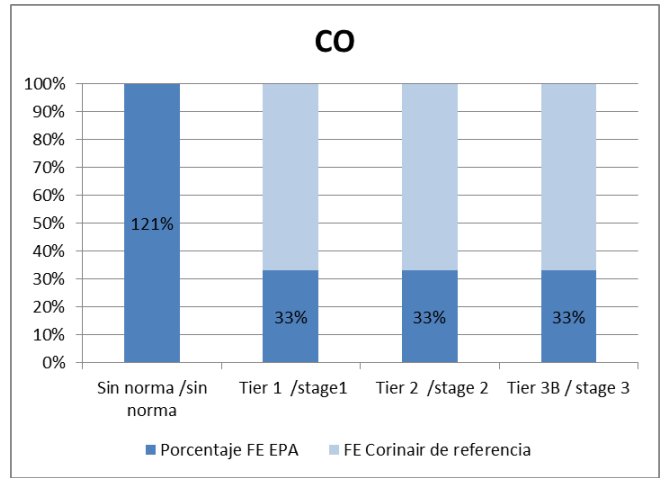
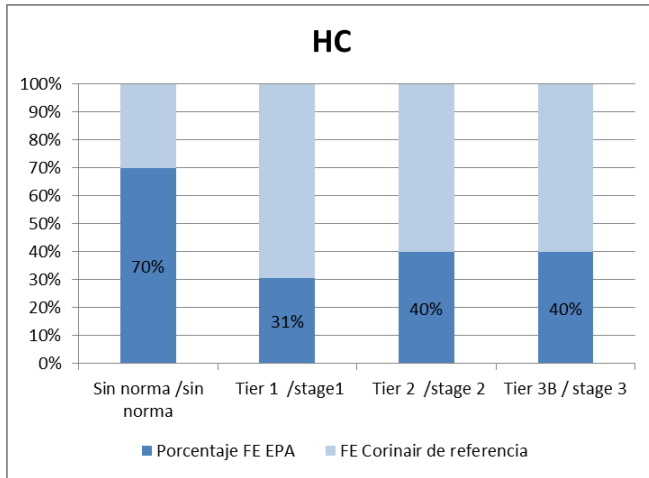
**COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE  $56 \leq kW < 75$**



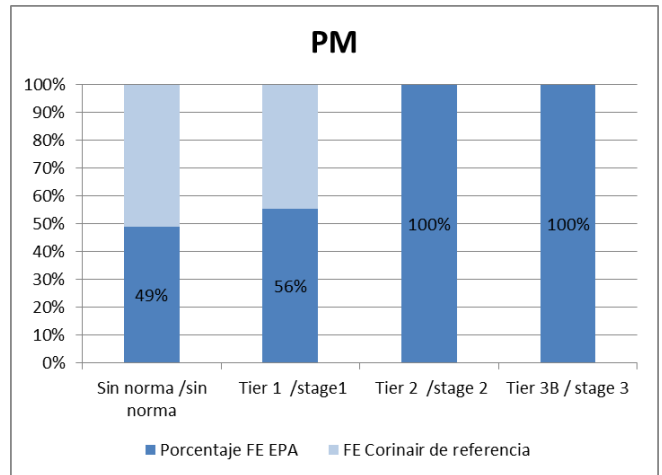
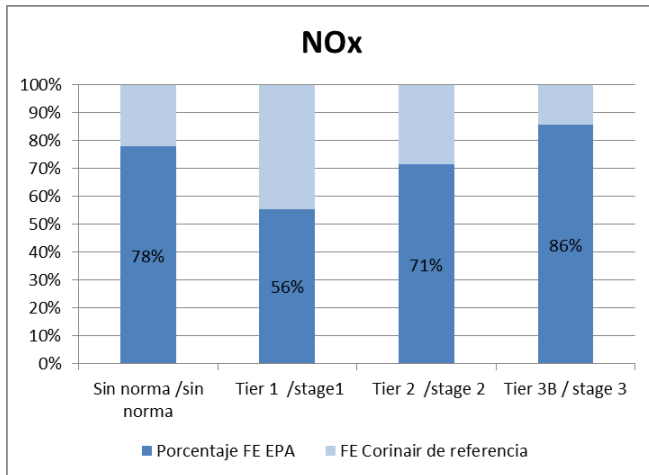
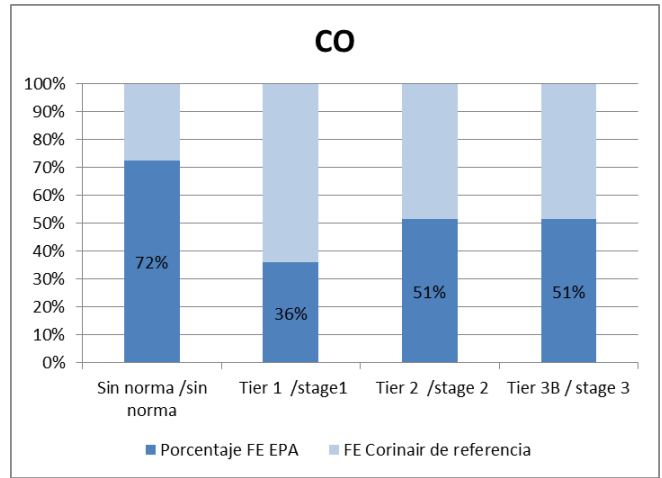
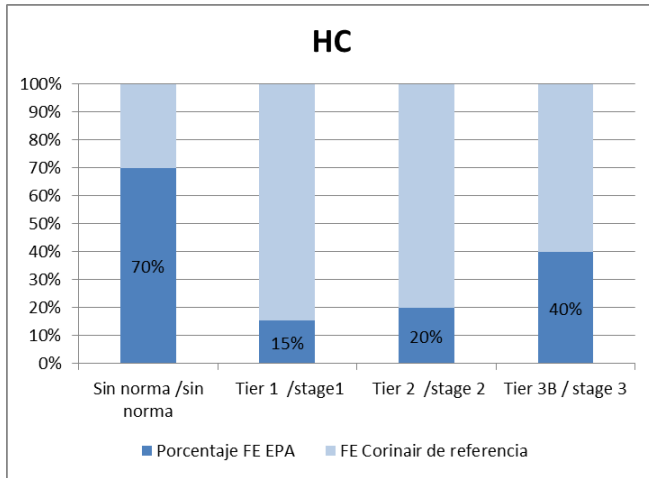
**COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE 75 ≤ kW < 130**



**COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE  $130 \leq kW < 225$**



**COMPARACIÓN DE FACTOR DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE EN EL RANGO DE 4500 ≤ kW < 560**





## ANEXO VII. Maquinaria fuera de ruta anterior al año 2000 según vida útil y año de fabricación

Año fabricación	Vida útil																
	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	20	25	29	58	88
1951												1					
1952												1					
1954												1					
1955												1					
1957												2					
1958												1					
1960												1					
1961												3					
1962												3					
1963												2					
1964												3					
1965												3				2	
1966												9				1	
1967									1			11					
1968							1	1				11					
1969												12					
1970					2							18					
1971					1			2				16					
1972								2				42				2	
1973		2						2				7				1	
1974												12				1	
1975					1			2		1		9				7	
1976								2				5				4	
1977					1							9				2	
1978		1							5			9				2	
1979		1					1	1				7				1	
1980		1					1	10				19	1			1	
1981		1					1	4				18					
1982		1							5			4	1			2	
1983		1			1				2			4		1			
1984		2		1	5		1	2	2		1	16				4	1
1985		2		1			1	4			2	26	1			8	1
1986		4		1	3		1	2	1		3	54	1	1		16	3
1987		2		2	1		6	3			2	67	2	1	1	12	
1988		3		2	6		4	7			2	48	5	3	1	11	
1989		3		1	2		2	3			3	58	8	3		11	1
1990		2				1	3	3			5	53	16	3	1	2	
1991		3			1		4	4	1		6	48	8	1	1	9	2
1992		5			5		4	10				68	9	1	1	4	3
1993		5		2	4	1	4	5			3	59	18	2	1	5	1
1994		6		1	22	1	18	6	5		5	90	21	3	1	3	3
1995		9			8	1	17	6	2		9	90	32	4	6	4	1
1996		6		1	11		3	9	2		3	94	35	5		20	2

Año fabricación	Vida útil																
	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	20	25	29	58	88
1997		14		1	5		20	10	3	1	5	89	36	5	1	8	3
1998		15		7	7	2	15	15	3		2	78	49	3	6	10	4
1999		3			1	1	3	13	1		3	76	15	5	2	10	2
2000		14		1	3		9	10	3		10	80	32	1	3	14	3
2001		10		1	3	1	7	9			4	68	29	3	4	8	1
2002		12		4	4		10	9	1		8	67	31	2	5	6	2
2003		10		3	2		11	9	1		5	100	42	5	3	8	
2004		28		1	5	1	18	9	2		8	171	60	5	4	19	2
2005		33		6	16	1	19	19	1		13	137	96	7	11	16	3
2006		22		7	11		35	18	2		26	162	135	1	18	4	2
2007	1	44		10	14		47	27	1		15	190	145	6	17	6	
2008		53		18	14	2	54	43	4		17	304	164	8	11	18	3
2009	1	37		3	21	1	38	11	8		14	163	80	6	9	5	1
2010		18		3	8	1	44	18	4	2	16	293	134	6	23	6	3
2011		73		15	19	2	61	47	4		26	416	211	10	28	9	
2012		133	1	28	9	3	53	20	2		10	388	153	6	14	6	2
2013		146		21		2	35	11	2		5	384	124	3	14	1	

## **ANEXO VIII. Cantidad de maquinaria estimada anterior al año 2000**

Ver Anexo VIII en excel adjunto en CD.

## ANEXO IX. Comparación antigüedad PRT con flota Aduanas y estimación anterior al año 2000

Año fabricación	Cantidad PRT	Cantidad Aduanas	% PRT	% Aduanas
1951	1		0,01%	0,00%
1952	1		0,01%	0,00%
1954	1		0,01%	0,00%
1955	1	1	0,01%	0,00%
1957	2		0,02%	0,00%
1958	1		0,01%	0,00%
1960	1	2	0,01%	0,00%
1961	3	3	0,03%	0,00%
1962	3	2	0,03%	0,00%
1963	2	1	0,02%	0,00%
1964	3	5	0,03%	0,01%
1965	5	16	0,06%	0,02%
1966	10	39	0,11%	0,04%
1967	12	49	0,14%	0,06%
1968	13	59	0,15%	0,07%
1969	12	55	0,14%	0,06%
1970	20	97	0,23%	0,11%
1971	19	93	0,21%	0,11%
1972	46	267	0,52%	0,30%
1973	12	60	0,14%	0,07%
1974	13	68	0,15%	0,08%
1975	20	125	0,23%	0,14%
1976	11	80	0,12%	0,09%
1977	12	115	0,14%	0,13%
1978	17	120	0,19%	0,14%
1979	11	115	0,12%	0,13%
1980	33	265	0,37%	0,30%
1981	24	166	0,27%	0,19%
1982	13	144	0,15%	0,16%
1983	9	96	0,10%	0,11%
1984	35	375	0,40%	0,43%
1985	46	458	0,52%	0,52%
1986	90	684	1,02%	0,78%
1987	99	779	1,12%	0,89%
1988	92	731	1,04%	0,83%
1989	95	739	1,07%	0,84%
1990	89	798	1,00%	0,91%
1991	88	654	0,99%	0,74%
1992	110	908	1,24%	1,03%
1993	110	816	1,24%	0,93%
1994	185	1.590	2,09%	1,81%
1995	189	1.508	2,13%	1,72%
1996	191	1.639	2,16%	1,87%
1997	201	1.716	2,27%	1,95%
1998	216	1.933	2,44%	2,20%

<b>Año fabricación</b>	<b>Cantidad PRT</b>	<b>Cantidad Aduanas</b>	<b>% PRT</b>	<b>% Aduanas</b>
1999	135	1.141	1,52%	1,30%
2000	183	486	2,07%	0,55%
2001	148	400	1,67%	0,46%
2002	161	1.808	1,82%	2,06%
2003	199	2.400	2,25%	2,73%
2004	333	3.530	3,76%	4,02%
2005	378	4.545	4,27%	5,18%
2006	443	4.662	5,00%	5,31%
2007	523	6.147	5,90%	7,00%
2008	713	8.360	8,05%	9,52%
2009	398	1.644	4,49%	1,87%
2010	579	7.106	6,54%	8,09%
2011	921	9.066	10,40%	10,32%
2012	828	10.148	9,35%	11,56%
2013	748	9.008	8,45%	10,26%

## ANEXO X. Encuesta Maquinaria fuera de ruta

Ver Anexo X en CD de informe.

## ANEXO XI. Emisiones maquinaria fuera de ruta según región y rubro

### EMISIONES AÑO BASE 2013 CONSIDERANSO SÓLO FLOTA ADUANAS

Rubro	Región	Emisiones por contaminante en Toneladas									
		VOC [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Agrícola-Forestal	XV	0,946	4,054	6,023	0,736	0,714	489,322	0,015	0,020	0,031	0,001
Agrícola-Forestal	I	0,938	4,017	5,968	0,729	0,707	484,840	0,015	0,020	0,031	0,001
Agrícola-Forestal	II	0,944	4,043	6,006	0,734	0,712	487,931	0,015	0,020	0,031	0,001
Agrícola-Forestal	III	0,956	4,094	6,082	0,743	0,721	494,113	0,015	0,021	0,031	0,001
Agrícola-Forestal	IV	5,642	24,173	35,912	4,388	4,256	2.917,542	0,089	0,122	0,186	0,007
Agrícola-Forestal	V	7,399	31,701	47,096	5,754	5,582	3.826,066	0,117	0,160	0,244	0,009
Agrícola-Forestal	RM	33,823	144,916	215,290	26,305	25,516	17.490,264	0,536	0,730	1,114	0,042
Agrícola-Forestal	VI	109,728	470,129	698,434	85,339	82,779	56.741,118	1,739	2,369	3,613	0,135
Agrícola-Forestal	VII	188,820	809,003	1.201,870	146,852	142,446	97.640,601	2,992	4,076	6,218	0,233
Agrícola-Forestal	VIII	292,709	1.254,113	1.863,136	227,649	220,819	151.362,166	4,638	6,319	9,639	0,361
Agrícola-Forestal	IX	412,564	1.767,635	2.626,034	320,864	311,238	213.340,430	6,537	8,906	13,586	0,509
Agrícola-Forestal	XIV	44,936	192,527	286,022	34,948	33,899	23.236,614	0,712	0,970	1,480	0,055
Agrícola-Forestal	X	52,311	224,129	332,970	40,684	39,464	27.050,649	0,829	1,129	1,723	0,065
Agrícola-Forestal	XI	0,945	4,049	6,016	0,735	0,713	488,704	0,015	0,020	0,031	0,001
Agrícola-Forestal	XII	0,953	4,082	6,065	0,741	0,719	492,722	0,015	0,021	0,031	0,001
Construcción	XV	15,364	71,009	91,266	9,728	9,436	9.462,111	0,290	0,392	0,589	0,022
Construcción	I	68,964	318,735	409,663	43,664	42,354	42.472,186	1,301	1,760	2,646	0,101
Construcción	II	105,259	486,479	625,262	66,644	64,645	64.824,560	1,986	2,686	4,038	0,154
Construcción	III	93,138	430,459	553,261	58,970	57,200	57.359,768	1,758	2,377	3,573	0,136
Construcción	IV	86,275	398,742	512,495	54,624	52,986	53.133,340	1,628	2,202	3,310	0,126
Construcción	V	191,879	886,816	1.139,806	121,487	117,842	118.170,416	3,621	4,897	7,362	0,280
Construcción	RM	1.102,351	5.094,779	6.548,215	697,945	677,006	678.891,925	20,801	28,134	42,294	1,608
Construcción	VI	97,993	452,896	582,098	62,043	60,182	60.349,559	1,849	2,501	3,760	0,143
Construcción	VII	153,195	708,029	910,015	96,994	94,085	94.346,642	2,891	3,910	5,878	0,223
Construcción	VIII	230,013	1.063,062	1.366,332	145,631	141,262	141.655,661	4,340	5,870	8,825	0,335
Construcción	IX	72,931	337,066	433,224	46,175	44,790	44.914,866	1,376	1,861	2,798	0,106
Construcción	XIV	17,475	80,764	103,804	11,064	10,732	10.761,945	0,330	0,446	0,670	0,025
Construcción	X	44,106	203,845	261,998	27,925	27,087	27.162,835	0,832	1,126	1,692	0,064
Construcción	XI	4,070	18,809	24,175	2,577	2,499	2.506,357	0,077	0,104	0,156	0,006
Construcción	XII	12,368	57,160	73,466	7,830	7,596	7.616,699	0,233	0,316	0,475	0,018

Rubro	Región	Emisiones por contaminante en Toneladas									
		VOC [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Industrial	XV	2,402	12,520	13,482	1,574	1,527	1.487,384	0,046	0,062	0,091	0,004
Industrial	I	4,804	25,040	26,963	3,148	3,053	2.974,768	0,091	0,123	0,182	0,007
Industrial	II	12,009	62,600	67,408	7,870	7,634	7.436,919	0,228	0,308	0,455	0,018
Industrial	III	4,804	25,040	26,963	3,148	3,053	2.974,768	0,091	0,123	0,182	0,007
Industrial	IV	9,127	47,576	51,230	5,981	5,802	5.652,058	0,173	0,234	0,345	0,013
Industrial	V	31,704	165,265	177,957	20,776	20,153	19.633,466	0,602	0,813	1,200	0,046
Industrial	RM	215,682	1.124,303	1.210,644	141,342	137,102	133.567,065	4,092	5,532	8,163	0,316
Industrial	VI	15,852	82,632	88,978	10,388	10,077	9.816,733	0,301	0,407	0,600	0,023
Industrial	VII	19,695	102,665	110,549	12,907	12,519	12.196,547	0,374	0,505	0,745	0,029
Industrial	VIII	51,398	267,930	288,505	33,683	32,672	31.830,013	0,975	1,318	1,945	0,075
Industrial	IX	22,577	117,689	126,727	14,795	14,351	13.981,408	0,428	0,579	0,854	0,033
Industrial	XIV	11,529	60,096	64,711	7,555	7,328	7.139,442	0,219	0,296	0,436	0,017
Industrial	X	29,302	152,745	164,475	19,202	18,626	18.146,082	0,556	0,752	1,109	0,043
Industrial	XI	2,882	15,024	16,178	1,889	1,832	1.784,861	0,055	0,074	0,109	0,004
Industrial	XII	2,882	15,024	16,178	1,889	1,832	1.784,861	0,055	0,074	0,109	0,004
Minería	XV	0,111	0,533	0,763	0,075	0,073	82,828	0,003	0,004	0,005	0,000
Minería	I	101,002	484,239	692,835	68,021	65,981	75.259,248	2,306	3,187	4,789	0,182
Minería	II	523,717	2.510,892	3.592,514	352,708	342,126	390.237,127	11,957	16,526	24,832	0,944
Minería	III	72,329	346,772	496,151	48,711	47,250	53.894,481	1,651	2,282	3,430	0,130
Minería	IV	99,217	475,684	680,595	66,820	64,815	73.929,655	2,265	3,131	4,704	0,179
Minería	V	56,597	271,345	388,233	38,116	36,973	42.171,889	1,292	1,786	2,684	0,102
Minería	RM	71,434	342,482	490,014	48,109	46,666	53.227,764	1,631	2,254	3,387	0,129
Minería	VI	80,851	387,631	554,611	54,451	52,817	60.244,677	1,846	2,551	3,834	0,146
Minería	VII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	VIII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	IX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XIV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>4.890,90</b>	<b>22.647,04</b>	<b>30.324,67</b>	<b>3.313,66</b>	<b>3.214,25</b>	<b>3.029.626,00</b>	<b>92,83</b>	<b>126,41</b>	<b>190,25</b>	<b>7,22</b>

**EMISIONES AÑO BASE 2013 CONSIDERANSO FLOTA ADUANAS MÁS ESTIMACIÓN ANTERIOR AL AÑO 2000**

Rubro	Región	Emisiones por contaminante en Toneladas									
		VOC [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Agrícola-Forestal	XV	1,249	5,160	8,010	1,058	1,026	608,244	0,019	0,025	0,041	0,001
Agrícola-Forestal	I	1,237	5,113	7,937	1,048	1,017	602,673	0,018	0,025	0,041	0,001
Agrícola-Forestal	II	1,245	5,145	7,987	1,055	1,023	606,515	0,019	0,025	0,041	0,001
Agrícola-Forestal	III	1,261	5,211	8,089	1,068	1,036	614,200	0,019	0,026	0,041	0,001
Agrícola-Forestal	IV	7,444	30,766	47,760	6,306	6,117	3.626,605	0,111	0,151	0,245	0,009
Agrícola-Forestal	V	9,763	40,347	62,633	8,270	8,022	4.755,930	0,146	0,199	0,321	0,011



Rubro	Emisiones por contaminante en Toneladas										
	Región	VOC [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Forestal											
Agrícola-Forestal	RM	44,628	184,440	286,316	37,805	36,671	21.740,996	0,666	0,908	1,467	0,052
Agrícola-Forestal	VI	144,779	598,352	928,854	122,644	118,965	70.531,148	2,161	2,946	4,760	0,168
Agrícola-Forestal	VII	249,138	1.029,649	1.598,380	211,047	204,716	121.370,604	3,719	5,069	8,192	0,290
Agrícola-Forestal	VIII	386,213	1.596,159	2.477,804	327,165	317,350	188.148,345	5,765	7,858	12,699	0,449
Agrícola-Forestal	IX	544,355	2.249,738	3.492,391	461,129	447,295	265.189,446	8,125	11,076	17,898	0,633
Agrícola-Forestal	XIV	59,290	245,037	380,384	50,225	48,719	28.883,905	0,885	1,206	1,949	0,069
Agrícola-Forestal	X	69,022	285,257	442,820	58,469	56,715	33.624,881	1,030	1,404	2,269	0,080
Agrícola-Forestal	XI	1,247	5,154	8,000	1,056	1,025	607,476	0,019	0,025	0,041	0,001
Agrícola-Forestal	XII	1,257	5,196	8,066	1,065	1,033	612,471	0,019	0,026	0,041	0,001
Construcción	XV	18,569	81,114	108,508	12,713	12,332	10.482,535	0,321	0,433	0,668	0,025
Construcción	I	83,352	364,093	487,054	57,064	55,352	47.052,522	1,442	1,945	2,996	0,111
Construcción	II	127,219	555,709	743,382	87,096	84,483	71.815,448	2,200	2,969	4,574	0,170
Construcción	III	112,569	491,717	657,779	77,067	74,755	63.545,628	1,947	2,627	4,047	0,150
Construcción	IV	104,274	455,486	609,312	71,388	69,246	58.863,409	1,804	2,433	3,749	0,139
Construcción	V	231,910	1.013,017	1.355,131	158,770	154,006	130.914,290	4,011	5,412	8,337	0,309
Construcción	RM	1.332,329	5.819,810	7.785,260	912,135	884,771	752.105,796	23,044	31,090	47,897	1,777
Construcción	VI	118,436	517,347	692,065	81,084	78,651	66.857,848	2,049	2,764	4,258	0,158
Construcción	VII	185,156	808,788	1.081,929	126,761	122,958	104.521,284	3,202	4,321	6,656	0,247
Construcción	VIII	278,000	1.214,345	1.624,450	190,323	184,614	156.932,260	4,808	6,487	9,994	0,371
Construcción	IX	88,146	385,033	515,066	60,346	58,536	49.758,628	1,525	2,057	3,169	0,118
Construcción	XIV	21,120	92,257	123,414	14,459	14,026	11.922,548	0,365	0,493	0,759	0,028
Construcción	X	53,307	232,854	311,492	36,495	35,400	30.092,162	0,922	1,244	1,916	0,071
Construcción	XI	4,919	21,486	28,742	3,367	3,266	2.776,651	0,085	0,115	0,177	0,007
Construcción	XII	14,948	65,294	87,345	10,234	9,927	8.438,108	0,259	0,349	0,537	0,020
Industrial	XV	2,996	14,370	16,229	2,078	2,016	1.652,526	0,051	0,068	0,103	0,004
Industrial	I	5,993	28,740	32,458	4,157	4,032	3.305,052	0,101	0,136	0,207	0,008
Industrial	II	14,982	71,849	81,146	10,392	10,080	8.262,631	0,253	0,341	0,517	0,019
Industrial	III	5,993	28,740	32,458	4,157	4,032	3.305,052	0,101	0,136	0,207	0,008
Industrial	IV	11,387	54,605	61,671	7,898	7,661	6.279,600	0,192	0,259	0,393	0,015
Industrial	V	39,553	189,682	214,225	27,434	26,611	21.813,346	0,668	0,900	1,366	0,051
Industrial	RM	269,082	1.290,409	1.457,377	186,637	181,038	148.396,855	4,547	6,122	9,293	0,350
Industrial	VI	19,777	94,841	107,112	13,717	13,306	10.906,673	0,334	0,450	0,683	0,026
Industrial	VII	24,571	117,832	133,079	17,043	16,531	13.550,715	0,415	0,559	0,849	0,032
Industrial	VIII	64,124	307,514	347,304	44,477	43,143	35.364,061	1,084	1,459	2,215	0,083
Industrial	IX	28,167	135,076	152,554	19,537	18,950	15.533,746	0,476	0,641	0,973	0,037
Industrial	XIV	14,383	68,975	77,900	9,976	9,677	7.932,126	0,243	0,327	0,497	0,019
Industrial	X	36,557	175,312	197,996	25,356	24,595	20.160,820	0,618	0,832	1,262	0,048
Industrial	XI	3,596	17,244	19,475	2,494	2,419	1.983,031	0,061	0,082	0,124	0,005
Industrial	XII	3,596	17,244	19,475	2,494	2,419	1.983,031	0,061	0,082	0,124	0,005
Minería	XV	0,126	0,582	0,877	0,091	0,088	89,450	0,003	0,004	0,006	0,000
Minería	I	114,694	528,978	796,839	82,506	80,031	81.276,802	2,490	3,440	5,263	0,197

Rubro	Emisiones por contaminante en Toneladas										
	Región	VOC [Ton]	CO [Ton]	NOx [Ton]	PM10 [Ton]	PM2,5 [Ton]	CO2 [Ton]	SO2 [Ton]	N2O [Ton]	CH4 [Ton]	NH3 [Ton]
Minería	II	594,717	2.742,875	4.131,798	427,814	414,979	421.439,576	12,913	17,839	27,292	1,019
Minería	III	82,135	378,810	570,630	59,084	57,312	58.203,758	1,783	2,464	3,769	0,141
Minería	IV	112,668	519,632	782,761	81,048	78,617	79.840,898	2,446	3,379	5,170	0,193
Minería	V	64,270	296,415	446,512	46,233	44,846	45.543,854	1,395	1,928	2,949	0,110
Minería	RM	81,119	374,124	563,571	58,353	56,603	57.483,732	1,761	2,433	3,723	0,139
Minería	VI	91,812	423,444	637,866	66,046	64,064	65.061,701	1,994	2,754	4,213	0,157
Minería	VII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	VIII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	IX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XIV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	XII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>5.982,68</b>	<b>26.286,37</b>	<b>36.857,67</b>	<b>4.387,73</b>	<b>4.256,10</b>	<b>3.416.971,60</b>	<b>104,70</b>	<b>142,34</b>	<b>220,98</b>	<b>8,13</b>

## ANEXO XII. Fichas por región, emisiones y proyección.

Ver Anexo XII en CD de informe.