



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# **ACTUALIZACIÓN DE ÍNDICES DE NOCIVIDAD DE COMBUSTIBLES – INC**

**ÁREA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE**

**DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD  
AMBIENTAL**

**2013**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# RESUMEN EJECUTIVO

- Para la actualización de los índices de nocividad de combustibles –INC para el presente período 2013, se ha tenido en cuenta información de procedimientos realizados anteriormente en el país con el mismo fin. Asimismo se consideró información actualizada en base a los valores de consumo mostrados en el último Balance Nacional de Energía disponible (BNE- 2010) del Ministerio de Energía y Minas.
- Se recopiló información de instituciones con información en el tema como Petróleos del Perú (Petroperú S.A.), SUNAT, SUNARP, Asociación de Representantes Automotrices del Perú (ARAPER), Cámara de Comercio de Lima.
- Se hizo una revisión de la secuencia metodológica realizada en periodos anteriores para la determinación de valores INC.
- Se hizo la evaluación de la posibilidad de inserción de criterios de inclusión social (costo-beneficio) y resultados esperados como factores de ponderación en cumplimiento y fortalecimiento de las actuales políticas de gobierno, considerando que los fenómenos sociales y económicos asociados a los efectos de la nocividad de los combustibles afectan, la salud, la seguridad alimentaria, la economía y la calidad de vida de la población de más bajos recursos, población objetivo de los programas de inclusión social del gobierno.



# RESUMEN EJECUTIVO

- Se hizo una identificación y propuesta de criterios ambientales de ponderación además de los de toxicidad en la salud, en las variables y parámetros considerados en el cálculo de los INC, entre ellos los criterios ambientales, de cambio climático, de acidificación, de eutrofización, de daño vehicular, de impacto laborales, de impacto en la inclusión social.
- Se seleccionaron y sustentaron nuevos factores de ponderación para la determinación del INC-2013.
- Se realizó un análisis de oportunidades para la consideración de los factores de emisión en diferentes etapas de vida de los combustibles. Análisis durante la etapa de combustión y en otras etapas de vida de los combustibles como en el proceso de extracción y transporte del combustible, proceso de refinación del crudo, etapas de almacenamiento y de abastecimiento de combustibles
- Finalmente se ha determinado el índice de nocividad de los combustibles en base a procedimientos de cálculo que consideran una serie de parámetros físicos de los combustibles, el consumo en los sectores económicos, la determinación de los factores de emisión a utilizar en cada combustible, incluyendo la ponderación por criterios de salud, ambientales, laborales y de inclusión social entre otros.
- Para el cálculo del Índice de Nocividad (INC) se ha tenido en cuenta la siguiente secuencia metodológica:



## DEFINICIÓN DE LOS COMBUSTIBLES A SER INCLUIDOS EN EL INC-2013

- Se han seleccionado aquellos combustibles disponibles en el mercado o previstos de ser incluidos en el corto plazo.
- Los combustibles (i) considerados en el INC-2013 son :
  - Gasolinas
    - Gasolina de 84 octanos
    - Gasolinas de 90, 95 y 97 octanos
  - Gasohol (Gasolina con mezcla de etanol al 7,8% en volumen)
    - Gasohol de 84 octanos
    - Gasohol de 90, 95 y 97 octanos.
  - Diésel N° 2
    - Diésel N° 2 de 5000 ppm de azufre
    - Diésel N° 2 de 50 ppm de azufre



# DEFINICIÓN DE LOS COMBUSTIBLES A SER INCLUIDOS EN EL INC-2013

- Biodiesel y sus mezclas
  - Diésel B2 de 5000 ppm de azufre (Diésel N°2 con 2% de biodiesel)
  - Diésel B5 de 5000 ppm de azufre (Diésel N°2 con 5% de biodiesel)
  - Diésel B20 de 5000 ppm de azufre (Diésel N°2 con 20% de biodiesel)
  - Diésel B2 de 50 ppm de azufre
  - Diésel B5 de 50 ppm de azufre
  - Diésel B20 de 50 ppm de azufre
  - Diésel B100 (Biodiesel puro)
- Kerosene
- Turbo
- Gas licuado de petróleo (GLP)
- Gas natural (GN)
- Petróleos industriales o Petróleo industrial N ° 6
- Petróleo industrial 500 SSF
- Carbón antracítico
- Carbón bituminoso



## **DEFINICIÓN DE LOS CONTAMINANTES A SER INCLUIDOS EN LA EVALUACIÓN**

- Se han seleccionado aquellos contaminantes a ser evaluados teniendo en cuenta aspectos de disponibilidad de información confiable, sobre la importancia de los impactos que los contaminantes generan, relevancia con el impacto a evaluar (ej. Salud, medio ambiente) y los procesos incluidos en el análisis (ej. combustión).
- Los contaminantes (j) considerados en el cálculo del INC-2013 son:
  - Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
  - Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)
  - Material Particulado (PM)
  - Monóxido de Carbono (CO)
  - Hidrocarburos No Metánicos (HCNM).



# SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Los factores de emisión (FE) son uno de los puntos críticos en el cálculo del INC, para lo cual se ha tenido en cuenta ciertos criterios:
  - Utilizar una fuente de información/reconocida y confiable
  - De preferencia, todos los FE obtenidos de una sola fuente. Cualquier ajuste o modificación de los factores es documentado y justificado.
  - Se selecciona un solo factor de emisión para cada sector por tipo de combustible empleado. En los casos en los que existan varios factores, se selecciona aquel que represente la mejor tecnología posible de control de emisiones para el caso.
  - Los FE empleados corresponderán a emisión de contaminantes en unidad de masa por consumo de combustible en unidad de masa (ej. Kg de contaminante / tonelada de combustible).
  - Para efectos de comparabilidad, todos los factores de emisión empleados se han expresado en las mismas unidades. En caso de conversiones de unidades, éstas quedan documentadas.



## SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- En el cálculo del INC-2013, los factores de emisión de base provienen del documento "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook" de la Agencia Ambiental Europea y publicado en el año 2007. Los factores de sector transporte fueron obtenidos del modelo COPERT 4, en su versión 5.1. el cual se ha desarrollado sobre la base de CORINAIR.
- Se han dado algunas precisiones sobre los supuestos tomados o los criterios de selección de los factores de emisión para el cálculo del INC-2013. Asimismo, se han dado las explicaciones en los casos en los que se tuvo que hacer cálculos especiales, como en el caso de los biocombustibles.
- A continuación se presentan los factores de emisión para los combustibles considerados según la fuente de emisión.

### **TABLA N° 4. FACTORES DE EMISIÓN BASE PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE NOCIVO DE COMBUSTIBLES – INC-2013**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# Metodología para la Determinación del INC- 2013



**BALANCE DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES: 2010**
**UNIDADES ORIGINALES**

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DIRECCIÓN GENERAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	PETRÓLEO CRUDO 10 <sup>3</sup> Bbl	LGN 10 <sup>3</sup> Bbl	GAS NATURAL 10 <sup>8</sup> PC	GAS LIC. 10 <sup>3</sup> Bbl	ETANOL 10 <sup>3</sup> Bbl	GASOHOL 10 <sup>3</sup> Bbl	GASOLINA MOTOR 10 <sup>3</sup> Bbl	KEROSENE 10 <sup>3</sup> Bbl	DIESEL OIL 10 <sup>3</sup> Bbl	B 10 0 10 <sup>3</sup> Bbl	D B 2 10 <sup>3</sup> Bbl	PETRÓLEO RESIDUAL 10 <sup>3</sup> Bbl	NO ENERG. PET. Y GAS 10 <sup>3</sup> Bbl	GAS REFIN. 10 <sup>3</sup> Bbl	GAS DIS. 10 <sup>8</sup> PC
1. PRODUCCIÓN	26,531	30,832	514,266	17,119	295	47	27,215	5,375	5,456	52	30,459	15,870	2,576	1,093	278,874
2. IMPORTACIÓN	34,742						1,841	106	10,517	604		268	1,077		
3. VARIACIÓN DE INVENTARIOS	620			599	(73)	1,642	(6,579)	5,225		-50	1,963	(2,381)	20,664		
<b>4. OFERTA TOTAL</b>	<b>61,893</b>	<b>30,832</b>	<b>514,266</b>	<b>17,718</b>	<b>222</b>	<b>1,689</b>	<b>22,477</b>	<b>10,706</b>	<b>15,973</b>	<b>606</b>	<b>32,422</b>	<b>13,757</b>	<b>24,317</b>	<b>1,093</b>	<b>278,874</b>
5. EXPORTACIÓN	(6,911)			(4,458)	(90)		(14,593)	(3,568)	(1,001)			(8,613)	(21,927)		(77,877)
6. NO APROVECHADA			(235,392)												
<b>7. OFERTA INTERNA BRUTA</b>	<b>54,982</b>	<b>30,832</b>	<b>278,874</b>	<b>13,260</b>	<b>132</b>	<b>1,689</b>	<b>7,884</b>	<b>7,138</b>	<b>14,972</b>	<b>606</b>	<b>32,422</b>	<b>5,144</b>	<b>2,390</b>	<b>1,093</b>	<b>200,997</b>
8. TOTAL TRANSFORMACIÓN	(74,769)	(30,832)	(278,874)		(132)					(606)	(1,286)	(3,069)		(25)	(114,439)
8.1 COQUERIAS Y ALTOS HORNOS															
8.2 CARBONERAS															
8.3 REFINERÍAS	(74,769)			2,424	(132)	47	15,154	5,375	1,460	(606)	30,459	15,879	2,365	1,093	
8.4 PLANTAS DE GAS		(30,832)	(278,874)	14,695			12,061		3,997				210		278,874
8.5 CENTRALES ELÉCTRICAS (Mdo.Eléctrico)											(601)	(2,464)			(108,587)
8.6 CENTRALES ELÉCTRICAS (Uso propio)											(685)	(606)		(25)	(5,851)
9. CONSUMO PROPIO SECTOR ENERGÍA				(2)			(105)				(769)	(589)	(24)	(773)	(45,042)
10. PÉRDIDAS (TRANS., DIST., Y ALM.)															
10.1 RECICLOS	(19,787)				132		1,712	98	11,444	660		5,741			
11. AJUSTES														(295)	(1)
<b>12. CONSUMO FINAL TOTAL</b>				<b>13,258</b>		<b>1,689</b>	<b>9,491</b>	<b>5,439</b>	<b>1,845</b>		<b>30,367</b>	<b>1,495</b>	<b>2,366</b>		<b>41,516</b>
12.1 CONSUMO FINAL NO ENERGÉTICO													2,366		
12.2 CONSUMO FINAL ENERGÉTICO				13,258		1,689	9,490	5,439	1,845		30,367	1,495			41,516
12.2.1 RESIDENCIAL				6,796				50							225
12.2.2 COMERCIAL				675				4	4		58				1,839
12.2.3 PÚBLICO				18		205	1,150	315	17		277				
12.2.4 TRANSPORTE				2,766		1,439	8,087	4,913	1,502		24,722	3			13,412
12.2.5 AGROPECUARIO Y AGROIND.				5		22	124	1	6		100	1			
12.2.6 PESQUERÍA				10		1	4	13	23		372	370			281
12.2.7 MINERO METALÚRGICO				258		2	13	107	151		2,479	21			3,056
12.2.8 INDUSTRIAL				2,731		20	112	37	143		2,358	1,100			22,703
12.2.9 CONSUMO NO IDENTIFICADO															

# FACTORES DE CONVERSIÓN



PERU Ministerio

PRODUCTOS	Poder Calorífico	UNIDAD
CARBON ANTRACITA NACIONAL (ANTR)	29.3	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
CARBÓN DE LEÑA	27.2	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
CARBÓN BITUMINOSO NACIONAL (BITUM)	24.8	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
CARBÓN MINERAL IMPORTADO (IMP)	30.5	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
COQUE CENTROMIN	28.3	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
COQUE IMPORTADO	26.8	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
DIESEL OIL	36.3	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
ENERGÍA ELÉCTRICA	3.6	TJ/GW.h
GAS DE ALTO HORNO (SIDER)	3.3	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
GAS DE ALTO HORNO (SOUTHERN)	1.9	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
GAS DE COQUERÍA (CENTROMIN)	20.1	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
GAS DE COQUERÍA - CARBÓN "GOYLLAR"	21.4	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
GAS DE REFINERÍA	49.4	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
GAS LICUADO	25.0	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
GAS NATURAL O DISTRIBUIDO	40.5	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
GASOLINA MOTOR	32.1	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
KEROSENE Y JET FUEL	35.0	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
LEÑA	15.1	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
NO ENERGÉTICOS DE COQUE	37.2	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)
NO ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	36.3	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
PETRÓLEO	36.4	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
PETRÓLEO INDUSTRIAL	38.7	TJ/(10 <sup>3</sup> kg)
RESIDUAL VEGETALES (BAGAZO)	6.3	TJ/(10 <sup>6</sup> kg)

Fuente: Balance Nacional de Energía 2010

## CONVERSIÓN DE UNIDADES ENERGÉTICAS

A	BEP	TEP	TEC	Tcal	TJ	10 <sup>3</sup> Btu	MWh
DE							
TJ	172,219	23,901	34,144	0.239	<b>1,000</b>	951,487	277,952
MW.h	0.619	0.086	0.123	0.001	0.004	3,423	<b>1,000</b>

Fuente: Balance Nacional de Energía 2010

**PERÚ**Ministerio  
del Ambiente**CONSUMO FINAL DE LOS DERIVADOS DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES****POR SECTORES ECONÓMICOS (\*)****(10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)**

SECTORES ECONÓMICOS	GLP	GASOHOL	GASOLINA MOTOR	KEROSENE JET	D2/DB2	PETROLEO INDUSTRIAL	TOTAL
Transporte	440	229	1286	781	4169	0	6905
Residencial	1080	0	0	8	0	0	1088
Industrial	434	3	18	6	398	175	1034
Minero Metalúrgico	41	0	2	17	418	3	481
Público	3	33	183	50	47	0	316
Pesquería	2	0	1	2	63	59	127
Comercial	107	0	0	1	0	0	108
Agropecuaria y Agroindustrial	1	4	20	0	17	0	42
Consumo no identificado	0	0	0	0	0	0	0
<b>CONSUMO FINAL ENERGÉTICO</b>	<b>2108</b>	<b>269</b>	<b>1510</b>	<b>865</b>	<b>5112</b>	<b>237</b>	<b>10101</b>

(\*) Cifras estimadas según Balance Nacional de Energía 2010

**EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA**

Año	Diesel DB2 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Pet Industrial (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
2010	204	488

Fuente: Balance Nacional de Energía 2010 - DGEE, DGE-MINEM

**USOS DEL GAS DISTRIBUIDO DURANTE EL 2010****(10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)**

Actividad	Cantidad
Generación de electricidad	3075
Refinerías	782
Operaciones petroleras	659
Sector industrial	643 *
Sector Transportes	380
Sector Minero Metalúrgico	87 *
Sector comercial	52
Sector Pesquería	8 *
Sctor Doméstico	6
<b>Total</b>	<b>5692</b>

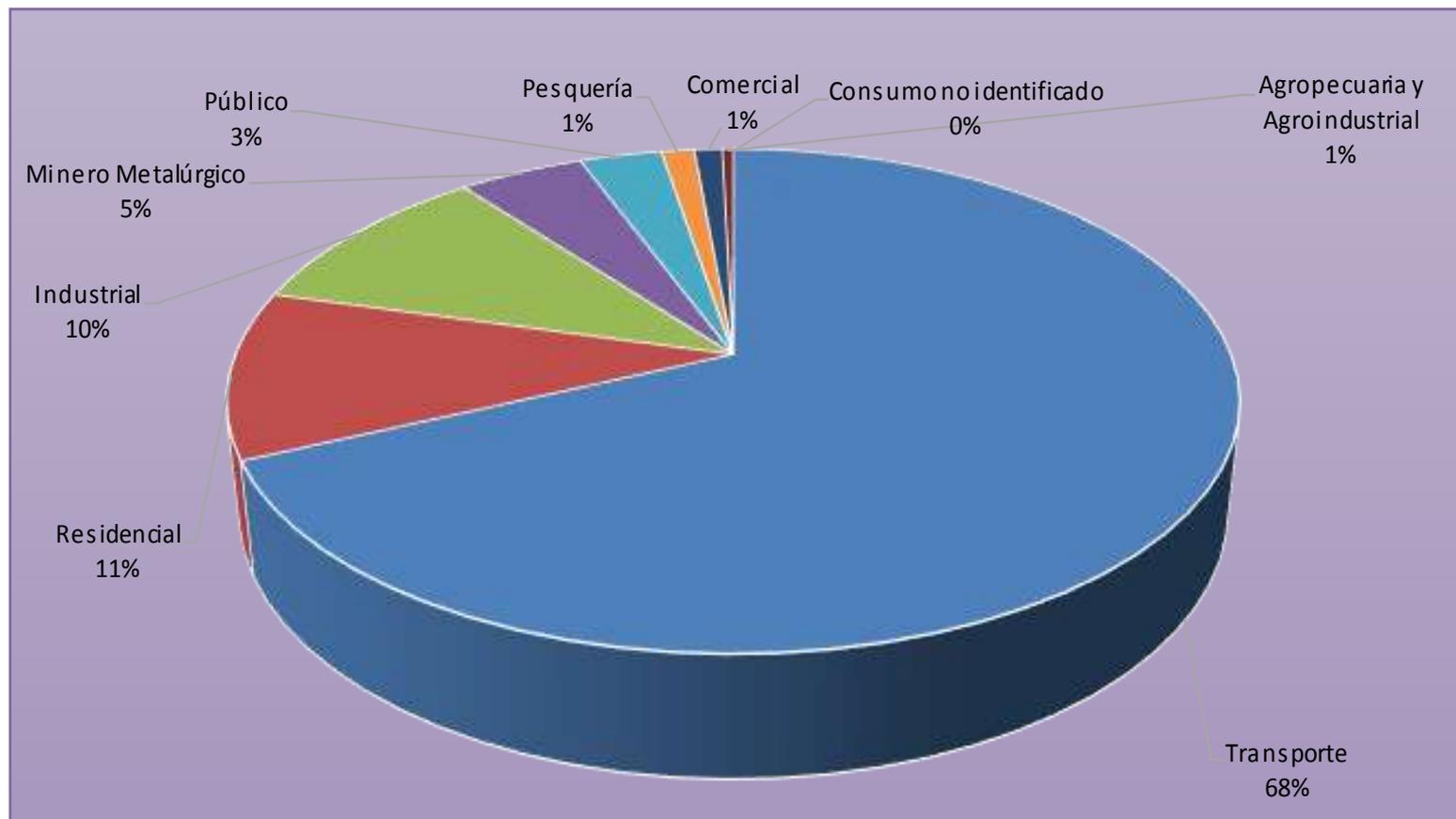
} Sector energético

Sector Industrial

Fuente: Balance Nacional de Energía 2010 - DGH-MINEM, Calidda

### GRÁFICO

## ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE LOS DERIVADOS DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES POR SECTORES ECONÓMICOS



## PARQUE VEHICULAR NACIONAL ESTIMADO POR AÑOS. SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO: 2003 - 2012

CLASE DE VEHICULO	2003 Rf	2004 Rf	2005 Rf	2006 Rf	2007 Rf	2008 Rf	2009	2010	2011	2012
<b>TOTAL</b>	<b>1342288</b>	<b>1361403</b>	<b>1440017</b>	<b>1473530</b>	<b>1534303</b>	<b>1640970</b>	<b>1732834</b>	<b>1849690</b>	<b>1979865</b>	<b>2137837</b>
AUTOMOVIL	643848	646497	673647	681538	696897	735314	766742	809967	860366	927698
STATION WAGON	197700	209908	227338	237562	250979	261441	274566	285300	289649	292840
CMTA. PICK UP	155251	155951	165875	168756	176111	187940	196833	210988	228321	246205
CMTA. RURAL	126391	129077	137941	146434	159829	184328	207067	235889	272596	318484
CMTA. PANEL	23515	24930	26850	28177	29684	32498	34172	36184	37847	39476
OMNIBUS	46198	45851	47788	47873	48542	49882	51563	54389	56704	59088
CAMION	109862	109019	115576	116485	120661	129295	137407	147293	158939	171407
REMOLCADOR	17107	17282	17602	18319	20872	24890	26457	28679	30779	33722
REMOLQUE Y	22416	22888	27400	28386	30728	35382	38027	41001	44664	48917
SEMI-REMOLQUE										

R/: MTC\_Cifras revisadas, reajustadas por haberse detectado mayor incremento de inscripciones vehiculares a partir del año 2002.

Fuente: SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS REGISTROS PÚBLICOS - SUNARP

Fuente: OGPP - OFICINA DE ESTADISTICA

## DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE DIESEL 2 EN SECTOR TRANSPORTES

*INDICADOR: N° VEHICULOS X CILINDRADA*

D2 5000 < 2.0l Transporte Ligero						D2 5000 7,5 - 12 t Transporte Pesado			
Tipo de vehículo	Nº Unidades	% a Diesel 2	Total a Diesel 2	c.c	Indicador	Tipo de Vehículo	Nº Unidades	c.c.	Indicador
AUTOMOVIL	927698	x 30% =	278309	x 2000 =	556618800	OMNIBUS	59088	x 5000 =	295440000
STATION WAGON	292840	x 30% =	87852	x 2000 =	175704000	CAMIÓN	171407	x 3600 =	617065200
						REMOLCADOR	33722	x 10000 =	337220000
						REMOLQUE Y SEMIREMOLQUE	48917	x 10000 =	489170000
				<b>TOTAL</b>	<b>732322800</b>			<b>TOTAL</b>	<b>1738895200</b>

Fuente : Cálculos según información de MTC [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)

29.63%

70.37%

INDICADOR (TOTAL VEHICULOS):  $(732,2 \times 10^6 + 1738,7 \times 10^6 = 2470,9 \times 10^6)$

**TRANSPORTE LIGERO:  $\cong$  30% a Diesel**

$$= [ (732,2 \times 10^6) / (2470,9 \times 10^6) ] \times 100$$

**TRANSPORTE PESADO:  $\cong$  70% a Diesel**

$$= [ (1738,7 \times 10^6) / (2470,9 \times 10^6) ] \times 100$$

## Consumo energético por sectores y por tipo de combustible

Sectores	Tipo de combustible									
	GLP	Gasohol	Gasolina	Kerosene	Turbo	Diesel	Residual	Gas Natural	Carbón antracítico (1)	Carbón bituminoso (1)
Energético						4%	67%	79%		31%
Residencial	51%			26%				0.1%		
Comercial	5%							0.9%		
Transporte	21%	97%	97%		100%	79%		7%		
Industrial (2)	23%	3%	3%	74%		17%	33%	13%	100%	69%

- (1) Del total de carbón mineral que se consume en el país (incluidas la producción nacional y la importación) un 87 % es carbón bituminoso y 13 % es carbón antracítico. Casi el 100 % del carbón importado es bituminoso.
- (2) Incluye sector minero-metalúrgico, cementeras, ladrilleras, sector pesquero, agro y agroindustria

**Fuente: Elaboración propia según BNE – 2010**

## Emisiones relativas de etanol, gasolina y la mezcla de gasolina con etanol

Item	Emisiones relativas	CO	HC	NO <sub>x</sub>
1	Hydrous etanol	100	100	100
2	12 % etanol- 88% gasolina (E12)	282	134	106
3	Gasoline (G 100)	350	140	115

Fuente: Faiz et al, 1996

Faiz, A. Weaver, C. Walsh, M 1996. "Air Pollution from Motor Vehicles. Standards and Technologies for Controlling Emissions", The World Bank. Ver Web site:

[http://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Hqsyv\\_KD0lgC&oi=fnd&pg=PR13&dq=air+pollution+from+motor+vehicles+standards+and+technologies+for+controlling+emissions&ots=Dd7zmvQJ3m&sig=nwXw\\_4MqEu2LxgwwRjLoV\\_W5vg](http://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Hqsyv_KD0lgC&oi=fnd&pg=PR13&dq=air+pollution+from+motor+vehicles+standards+and+technologies+for+controlling+emissions&ots=Dd7zmvQJ3m&sig=nwXw_4MqEu2LxgwwRjLoV_W5vg)

Sobre la base de lo reportado en este documento, se estimó que la reducción de emisiones de la mezcla de 7,8% de etanol sería de 12.6% en CO, 2.8% en HC y,5.1% en NO<sub>x</sub>.

**CO** : Al incorporarse 12 % de etanol en las gasolinas se reduce la emisión relativa de CO desde 350 (item 3) a 282 (item 2) : 19,4 %; si solo se incorpora 7,8 % de etanol entonces se reduce solo 12,6 % de 350 resultando una emisión relativa de 322,7

**HC** : Al incorporarse 12 % de etanol en las gasolinas se reduce la emisión relativa de HC desde 140 (item 3) a 134 (item 2) : 4,28 %; si solo se incorpora 7,8 % de etanol entonces se reduce solo 2,8 % de 140 resultando en una emisión relativa de 129,1

**NO<sub>x</sub>** : Al incorporarse 12 % de etanol en las gasolinas se reduce la emisión relativa de NO<sub>x</sub> desde 115 (item 3) a 106 (item 2) : 7,83 %; si solo se incorpora 7,8 % de etanol entonces se reduce solo 5,1 % de 115 resultando en una emisión relativa de 109,1

Emisiones relativas de gasohol y gasolinas			
Emisiones relativas	CO	HC	NO <sub>x</sub>
7,8 % etanol- 92,2 % gasolina (E7,8)	305.9	136.1	109.1
Gasoline (G 100)	350	140	115

Reducción relativa de emisiones por 7,8 % etanol	0.126	0.028	0.051
--	-------	-------	-------



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente**Contenido de Azufre de los Combustibles**

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Contenido de Azufre (S) [kg de azufre/kg de combustible]</b>	<b>Fuente</b>
Gasolina 84	0.001	NTP 321.102:2002
Gasolina 90/95/97	0.001	NTP 321.102:2002
Diesel 2-S5000	0.005	NTP 321.003:2005
Diesel 5 – S50	0.00005	NTP 321.003:2005
Turbo	0.0002	Calidad típica reportada por Petroperú
Kerosene	0.002	NTP 321.001:2001
P.I. N° 6	0.013	Calidad típica reportada por Petroperú
P.I. N° 500	0.014	Calidad típica reportada por Petroperú
Carbón antracítico	0.015	(1)
Carbón bituminoso	0.005	(1)

**Fuente: Varias (ver referencia en la misma Tabla)**

**(1) Referencia :**

[http://books.google.com.pe/books?id=VNuvHQDylqUC&pg=PA48&lpg=PA48&dq=%25+azufre+en+el+carb%C3%B3n&source=bl&ots=RbCbPmtHut&sig=pn9n5ruZa6VINj\\_bVfdHRMMOuB4&hl=es-419&sa=X&ei=I381Uf\\_MA\\_LI0AHs-ICgCg&ved=0CDIQ6AEwAjqU#v=onepage&q=%25%20azufre%20en%20el%20carb%C3%B3n&f=false](http://books.google.com.pe/books?id=VNuvHQDylqUC&pg=PA48&lpg=PA48&dq=%25+azufre+en+el+carb%C3%B3n&source=bl&ots=RbCbPmtHut&sig=pn9n5ruZa6VINj_bVfdHRMMOuB4&hl=es-419&sa=X&ei=I381Uf_MA_LI0AHs-ICgCg&ved=0CDIQ6AEwAjqU#v=onepage&q=%25%20azufre%20en%20el%20carb%C3%B3n&f=false)

## Factores de Emisión - Bases para el Cálculo

Fuente de Emisión	Aplicable a:	Sector	Factores de Emisión (g de contaminante/kg de combustible)					Fuente de Información
			NOx	CO	SO2	PM	HCNM (1)	
Passenger cars/gasolina 1,4-2,OL/EuroII	Gasolina 84	Transporte	2.79	12.37	2	0.04	1.5	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Passenger cars/gasolina 1,4-2,OL/Euro III	Gasolina 90/95/97	Transporte	1.13	6.69	2	0.01	0.27	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Passenger cars/Diesel < 2,0L/Conventional	Diesel2-S5000	Transporte	8.4	11.34	10	3.61	3.01	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Passenger cars/Diesel <2.0L/Euro III	Diesel 2 – S50	Transporte	14.29	2.53	0.1	0.60	0.45	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Rigid 7,5 -12 t/Diesel truck/Conventional	Diesel 2-S5000	Transporte	43.56	14.59	10	2.32	6.53	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Rigid 7,5 -12 t/Diesel truck/Euro III	Diesel 2 – S50	Transporte	26.15	8.08	0.1	0.75	1.88	COPERT (Circulación urbana, 25km/h)
Combustion industrial (area sources)	Diesel 2 – S5000	Industrial	3.06	0.44	10	0.09	0.07	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Combustion industrial (area sources)	Diesel 2 – S50	Industrial	3.06	0.44	0.1	0.09	0.07	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Stationary Engines	Diesel 2 – S5000	Energético	36.74	8.31	10	0.07	0.15	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S2_PMv1)
Stationary Engines	Diesel 2 – S50	Energético	36.74	8.31	0.1	0.07	0.15	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S2_PMv1)
Gas turbines/Natural gas	Gas Natural	Energético	4.26	0.692		0.01	0.27	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S3_PMv1)
Combustión industrial (area sources)	Gas Natural	Industrial	1.7	0.13		0.01	0.02	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Passenger cars/LPG/Euro III	GLP	Transporte	1.7	19.84		0	1.11	COPERT
Combustion industrial (área sources)	GLP	Industrial	0.85	0.16		0.005	0.01	CORINAIR (B1 12vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Domestic stoves/Gaseous fuels	GLP	Residencial	2.36	1.42		0.02	0.47	CORINAIR (B2 16-32)
Transporte aéreo – LTO Average fleet	Turbo	Transporte	8.7	5.2	0.4	0.11	0.54	CORINAIR (B851)
Domestic stoves/Liquid fuels	Kerosene	Residencial	2.91	1.97	2	0.26	0.66	CORINAIR (B2 16-32)
Combustion industrial (area source)	P.I. N° 6	Industrial	6.58	0.4	26	2.39	0.08	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Combustion industrial (area source)	P.I. N° 500	Industrial	6.58	0.4	28	2.39	0.08	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S1_PMv1)
Boilers 50-300 MW	P.I. N° 6	Energético	5.98	0.6	26	2.39	0.4	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S2_PMv1)
Boilers 50-300 MW	P.I. N° 500	Energético	5.98	0.6	28	2.39	0.4	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S2_PMv1)
Combustion industrial (area sources)	Carbón antraécitico	Industrial	4.34	2.044	6	14	0.84	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S2_PMv1)
Boilers 50-300MW	Carbón bituminoso	Energético	4.2	0.392	9.9	14	0.84	CORINAIR (B111vs3.1 y B111_S2_PMv1)

[1] Hidrocarburos No Metánicos

[2] P.I. = Petróleo Industrial

Fuente: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/#>



Domestic use	Gas Natural	Residencial	1.7	0.13		0.01	0.02	Para el sector residencial se ha considerado la información disponible de los factores de emisión del gas natural en el sector industrial.
Commercial use	Gas Natural	Comercial	1.7	0.13		0.01	0.02	Para el sector comercial se ha considerado la información disponible de los factores de emisión del gas natural en el sector industrial.
Transporte	Gas Natural	Transporte	1.7	0.13		0.01	0.02	Para el sector transporte se ha considerado la información disponible de los factores de emisión del gas natural del sector industrial.
Commercial use	GLP	Comercial	2.36	1.42		0.02	0.47	Para el sector comercial se ha considerado la información disponible de los factores de emisión del GLP del sector residencial
Combustion industrial (area sources)	Carbón bituminoso	Industrial	4.2	0.392	9.9	14	0.84	Para el sector industrial se han considerado los factores de emisión del carbón bituminoso del sector energético

**Referencia :** Contenido de azufre en carbón antracítico y bituminoso: The Engineering ToolBox:

[http://www.engineeringtoolbox.com/classification-coal-d\\_164.html](http://www.engineeringtoolbox.com/classification-coal-d_164.html)

Carbón antracítico : contenido de azufre de 6 a 7,7 g/kg de combustible (0,6 a 0,77 % en peso)

Carbón bituminoso : contenido de azufre de 7 a 40 g/kg de combustible (0,7 a 4,0 % en peso)

## Factores de Emisión por Combustible - Ponderados según consumo por sector

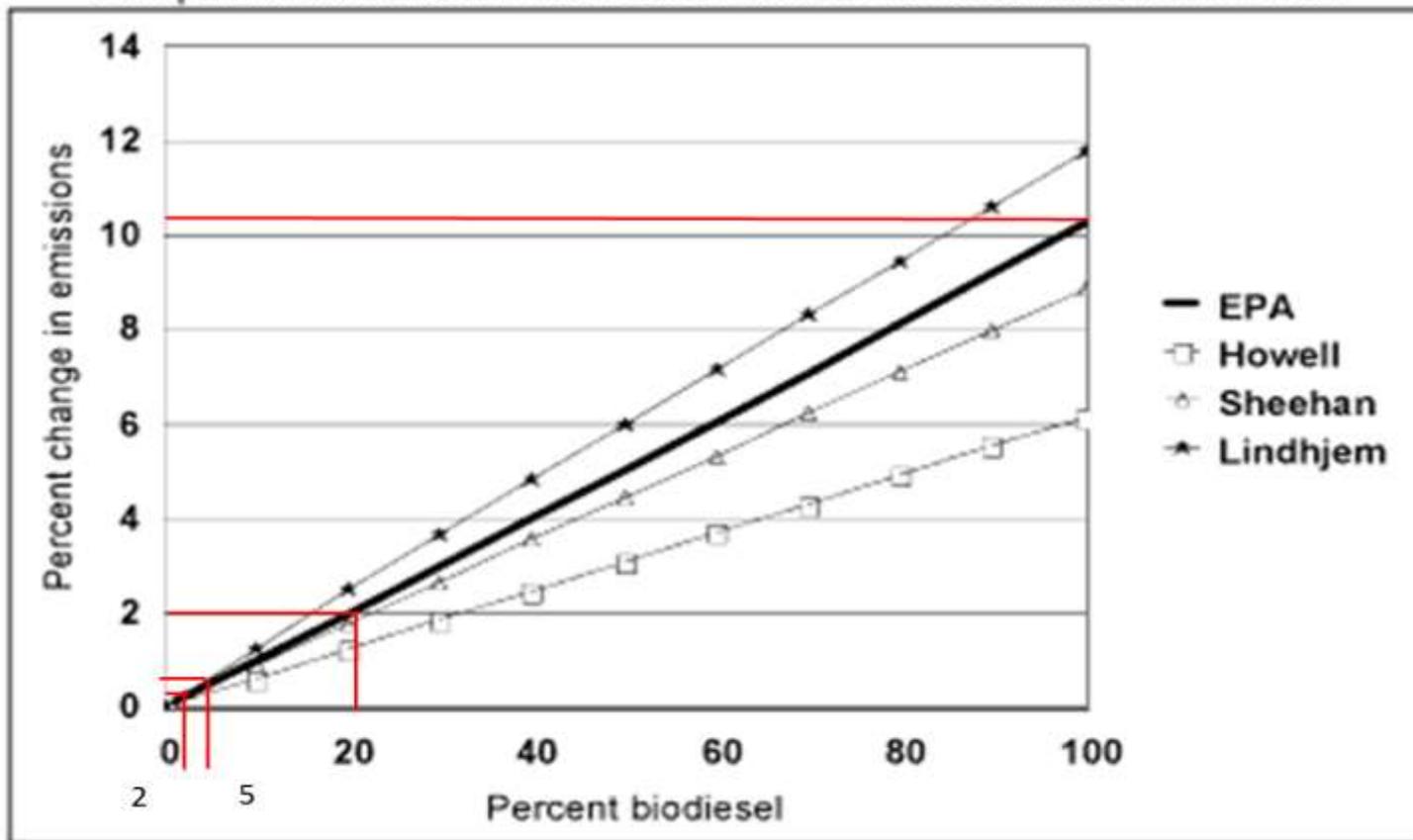
Combustible	Factores de emisión ponderados por sector [ g de contaminante/kg de combustible]				
	NOx	CO	SO2	PM	HCNM
Gasolina de 84 octanos	2.79	12.37	2	0.04	1.5
Gasohol de 84 octanos	2.65	10.81	1.84	0.04	1.46
Gasolina de 90/95/97 octanos	1.13	6.69	2	0.01	0.27
Gasohol de 90/95/97 octanos	1.07	5.85	1.84	0.01	0.26
D2-S5000	28.16	11.20	10	2.16	4.36
D2-S5000-B2	28.28	11.02	9.8	2.12	4.23
D2-S5000-B5	28.35	10.77	9.5	2.08	4.10
D2-S5000-B20	28.73	9.78	8	1.89	3.44
D2-S50	19.90	5.49	0.1	0.58	1.17
D2-S50-B2	19.98	5.40	0.10	0.57	1.13
D2-S50-B5	20.03	5.28	0.10	0.56	1.10
D2-S50-B20	20.30	4.80	0.08	0.50	0.92
D2-B100	21.94	2.90	0.00	0.31	0.38
GN	3.73	0.58	0	0.01	0.22
GLP	1.88	4.98	0	0.0124	0.50
Turbo	8.7	5.2	0.4	0.11	0.54
Kerosene	2.91	1.97	2	0.26	0.66
P.I. N° 6	6.18	0.53	26	2.39	0.30
P.I. N° 500	6.18	0.53	28.00	2.39	0.30
Carbón antracítico	4.34	2.044	6	14	0.84
Carbón bituminoso	4.2	0.392	9.9	14	0.84

**Fuente : Elaboración propia en concordancia con lo especificado para cada combustible en el tópico 1.4 y en base a información del Balance Nacional de Energía 2010**

# DETERMINACIÓN GRÁFICA DEL CAMBIO EN EMISIONES SEGÚN EL PORCENTAJE DE BIODIESEL EN LA MEZCLA CON DIESEL

Figure IV.E-1

Comparison of basic EPA correlation to alternative correlations for NOx



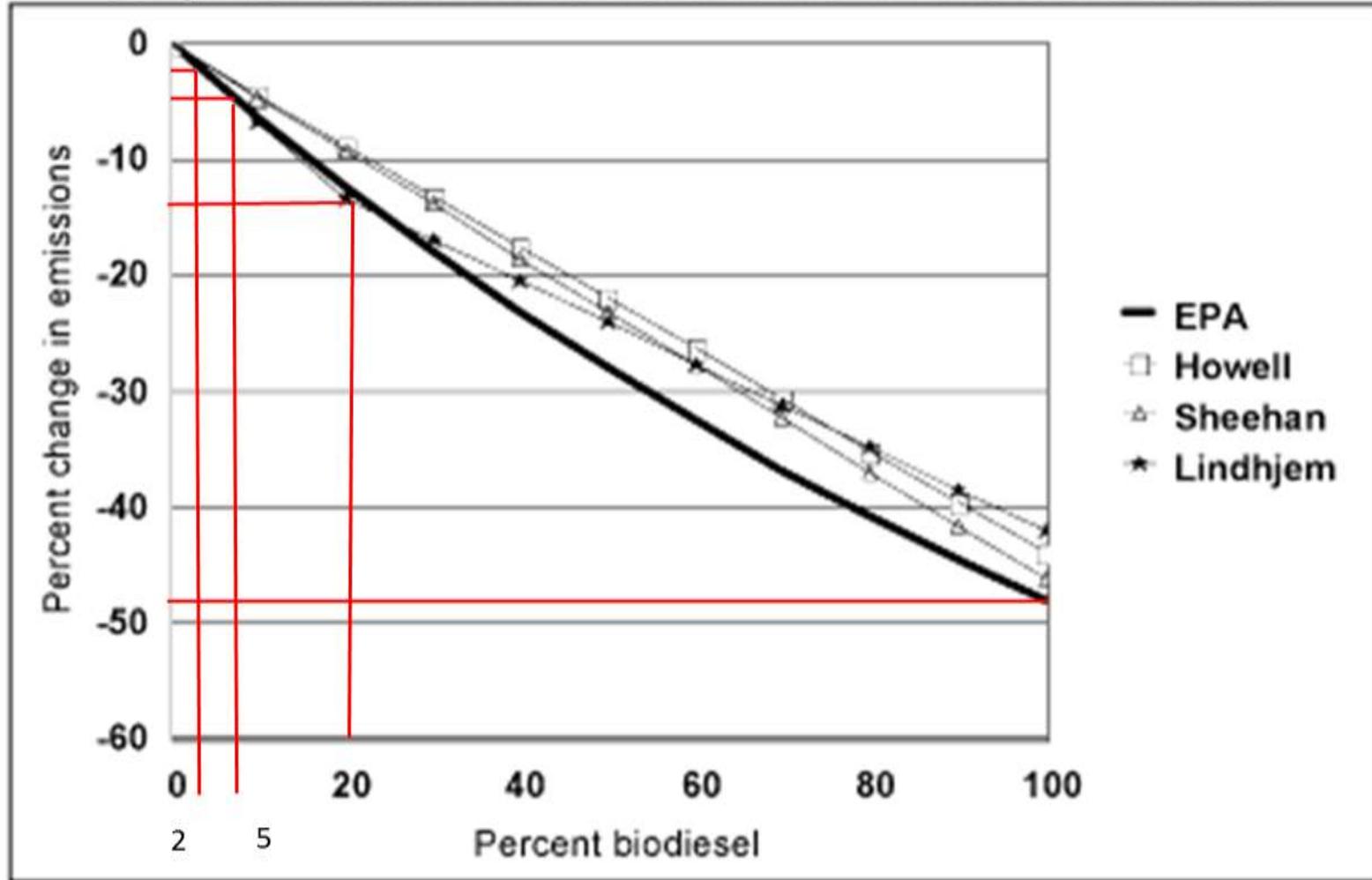


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Figure IV.E-4

Comparison of basic EPA correlation to alternative correlations for CO



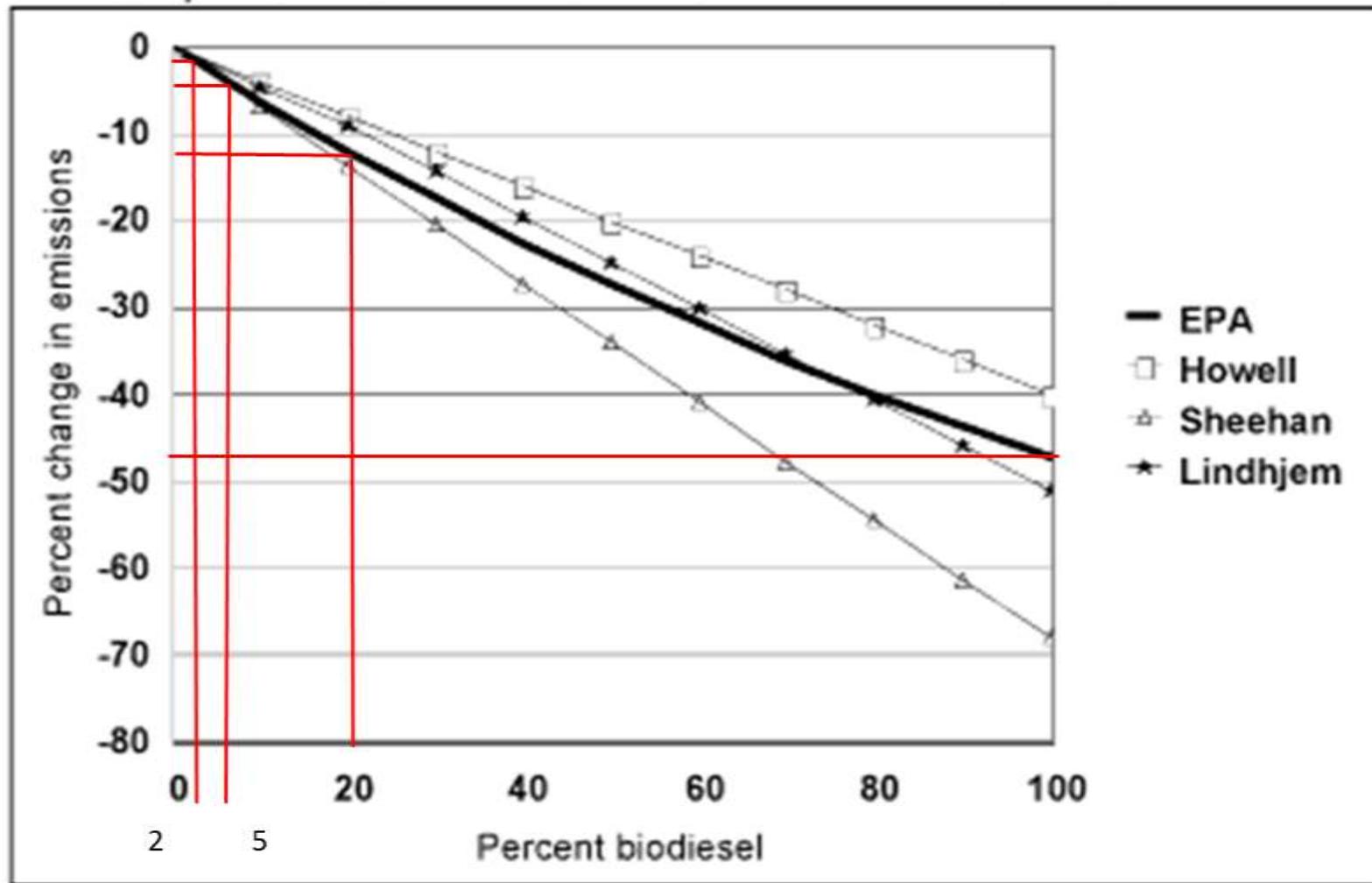


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Figure IV.E-2

Comparison of basic EPA correlation to alternative correlations for PM



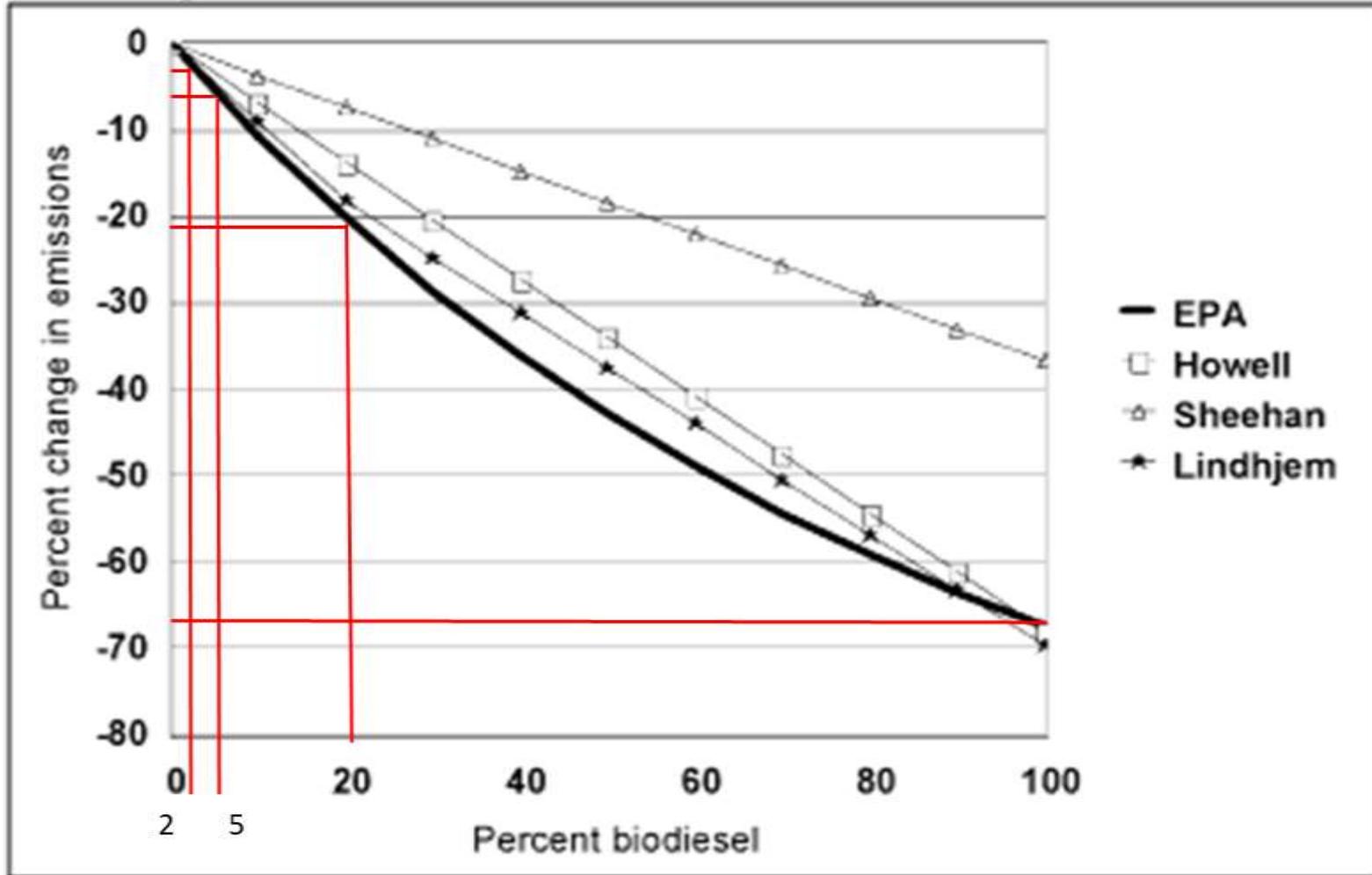


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Figure IV.E-3

Comparison of basic EPA correlation to alternative correlations for HC



## Resultados obtenidos graficamente del cambio en Emisiones NOx-CO-PM-HCNM en función del % de Biodiesel presentes en la mezcla con Diesel 2 :

Biodiesel	% de cambio en Emisiones			
	NOx	CO	PM	HCNM
<b>B2</b>	0.40%	-1.67%	-1.85%	-2.96%
<b>B5</b>	0.67%	-3.89%	-3.70%	-5.93%
<b>B20</b>	2.00%	-12.70%	-12.59%	-21.10%
<b>B100</b>	10.27%	-47.22%	-46.67%	-67.41%

Reference : US EPA "A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Draft Technical Report. EPA 420-P-02-001. October 2002"

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1001ZA0.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C00thru05%5CTxt%5C00000017%5CP1001ZA0.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>

## Factores de ponderación por parámetros afectados por la nocividad de los combustibles

Contaminante	Factores de ponderación por :							
	Toxicidad Humana	Potencial de efecto invernadero	Potencial de acidificación	Potencial de ecotoxicidad	Potencial de eutrofización	Potencial de afectación laboral	Potencial de daño vehicular	Potencial impacto en la inclusión
NOx (Óxidos de Nitrógeno)	1	1	0,7	0,85	1	1,5	0	2,5
CO (Monóxido de Carbono)	0.26	0	0	0,22	0	2.5	0	1,5
SO2 (Dióxido de Azufre)	4	0	1	4,55	0	2,5	4	2
PM (Material Particulado)	4,3	0	0	4,89	0	3.5	0	0
HCNM (Hidrocarburos No Metánicos)	2	0	0	2,27	0	3,5	0	3

**Fuentes:** Elaboración propia y según fuente de información de los índices de nocividad del Manual Perfiles ecológicos de combustibles de la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Suiza; Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas ; Guidelines for the Use of Environmental Performance Indicators IMCA SEL 010 – January 2004 publicado por la The International Marine Contractors Association (IMCA).

### Factores de ponderación por parámetros afectados por la nocividad de los combustibles

Contaminante	Factores de ponderación por :							
	Toxicidad Humana (1)	Potencial de efecto invernadero	Potencial de acidificación	Potencial de ecotoxicidad	Potencial de eutrofización	Potencial de afectación laboral	Potencial de daño vehicular (2)	Potencial impacto en la inclusión social
NOx (Óxidos de Nitrógeno)	1	1	0.7	0.85	1	1.5	0	2.5
CO (Monóxido de Carbono)	0.260	0	0	0.22	0	2.5	0	1.5
SO2 (Dióxido de Azufre)	4.000	0	1	4.55	0	2.5	4	3
PM (Material Particulado)	4.3	0	0	4.89	0	3.5	0	4
HCNM (Hidrocarburos No Metánicos)	2	0	0	2.27	0	3.5	0	3

**Fuentes:**

Toxicidad humana : Manual "Perfiles ecológicos de combustibles de la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Suiza"

NOx= 1; CO = 0,26 ; SO2 =4; PM = 4.3; HCNM = 2. En la tabla se los ha expresado en el rango de 0 a 1 para facilitar la comparación a futuro con los ND

**PERÚ**Ministerio  
del Ambiente**Nocividad de los combustibles (por unidades de masa)**

<b>Combustible</b>	<b>Nocividad (nocividad/TM combustible)</b>
Gasolina 84 octanos	134.19
Gasohol 84 octanos	122.57
Gasolina 90/95/97 octanos	80.81
Gasohol 90/95/97 octanos	73.49
D2-S5000	564.56
D2-S5000-B2	558.82
D2-S5000-B5	550.58
D2-S5000-B20	510.45
D2-S50	218.87
D2-S50- B2	218.55
D2 – S50 – B5	217.86
D2 – S50 – B20	214.90
D2 – B100	209.84
GN	37.00
GLP	43.93
Turbo	112.95
Kerosene	83.25
P.I N° 6	593.57
P.I N° 500	631.67
Carbón antracítico	403.27
Carbón bituminoso	468.97

**Fuente :** Elaboración propia basada en la emisión de cada contaminante por el factor de ponderación correspondiente.



## Factores de conversión a unidades energéticas

Combustible	Densidad (TM/m <sup>3</sup> )	Poder Calorífico (TJ/ m <sup>3</sup> )
Gasolina 84 octanos	0.737	32.1
Gasohol 84 octanos	0.741	31.2
Gasolina 90/95/97 octanos	0.762	32.1
Gasohol 90/95/97 octanos	0.763	31.2
D2-S5000	0.833	36.3
D2-S5000-B2	0.833	36.2
D2-S5000-B5	0.835	36.2
D2-S5000-B20	0.842	35.7
D2-S50	0.833	36.3
D2-S50-B2	0.833	36.2
D2-S50-B5	0.835	36.2
D2-S50-B20	0.842	35.7
D2-B100	0.880	33.4
GN	0.00065	0.0346
GLP	0.529	25.0
Turbo	0.808	35.0
Kerosene	0.819	35.0
P.L N° 6	0.97	38.7
P.L N° 500	0.98	38.7
Carbón antracítico	1.50	43.95
Carbón bituminoso	1.35	41.18

Fuente: Calidad típica Petroperú ([www.petroperu.com.pe](http://www.petroperu.com.pe), a noviembre 2012). Estimado a partir de la gravedad API.

Estimado proporcionalmente a partir de la densidad de la gasolina y la densidad del etanol (0.785 tn/m<sup>3</sup>). Fuente: Faiz et al. 1996.

Fuente: Calidad típica Petroperú ([www.petroperu.com.pe](http://www.petroperu.com.pe), a noviembre 2012). Estimado a partir de la gravedad API.

Estimado proporcionalmente a partir de la densidad de la gasolina y la densidad del etanol (0.785 tn/m<sup>3</sup>). Fuente: Faiz et al. 1996.

Fuente: Calidad típica Petroperú ([www.petroperu.com.pe](http://www.petroperu.com.pe), a noviembre 2012). Estimado a partir de la gravedad API.

Estimado proporcionalmente a partir de la densidad del diesel y la densidad del biodiesel (0.88 tn/m<sup>3</sup>). Fuente: En Norma Europea de Biodiesel.

Fuente: OSINERG. Características del Gas Natural ([www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe) a julio 2012).

Estimado a partir de los factores de conversión de los precios referenciales de OSINERG (2.044kg/gal). Fuente: OSINERG

([www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe), a julio 2012).

Turbo Fuente: NTP 321.006 (2001)

kerosene Fuente: NTP 3 2L.001 (2001). Estimado a partir de la gravedad API.

P.L N° 6 STM-D-287

Carbón Fuente: Balance Nacional de Energía 2010.

**PERÚ**Ministerio  
del Ambiente

## Nocividad de los combustibles (en unidades energéticas)

Combustible	Nocividad /TJ
Gasolina 84 octanos	3.08
Gasohol 84 octanos	2.91
Gasolina 90/95/97 octanos	1.92
Gasohol 90/95/97 octanos	1.80
D2-S5000	12.96
D2-S5000-B2	12.86
D2-S5000-B5	12.70
D2-S5000-B20	12.04
D2-S50	5.02
D2-S50-B2	5.03
D2-S50-B5	5.03
D2-S50-B20	5.07
D2-B100	5.53
GN	0.70
GLP	0.93
Turbo	2.61
Kerosene	1.95
P.L N° 6	14.88
P.L N° 500	16.00
Carbón antracítico	13.76
Carbón bituminoso	15.37



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

## Índice de Nocividad de Combustibles 2013

COMBUSTIBLE	INC-2013
Gasolina 84 octanos	4.802
Gasohol 84 octanos	4.605
Gasolina 90/95/97 octanos	3.310
Gasohol 90/95/97 octanos	3.138
D2-S5000	24.354
D2-S5000-B2	24.094
D2-S5000-B5	23.697
D2-S5000-B20	21.925
D2-S50	7.174
D2-S50-B2	7.177
D2-S50-B5	7.166
D2-S50-B20	7.192
D2-B100	7.704
GN	1.000
GLP	1.087
Turbo	3.718
Kerosene	3.954
P.I. N° 6	37.025
P.I. N° 500	39.875
Carbón antracítico	48.042
Carbón bituminoso	48.466



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

**Índice de Nocividad-  
INC 2013 ordenado  
secuencialmente de  
menor a mayor  
nocividad de los  
combustibles**

COMBUSTIBLE	INC-2013
GN	1.000
GLP	1.087
Gasohol 90/95/97 octanos	3.138
Gasolina 90/95/97 octanos	3.310
Turbo	3.718
Kerosene	3.954
Gasohol 84 octanos	4.605
Gasolina 84 octanos	4.802
D2-S50-B5	7.166
D2-S50	7.174
D2-S50-B2	7.177
D2-S50-B20	7.192
D2-B100	7.704
D2-BS5000-B20	21.925
D2-BS5000-B5	23.697
D2-BS5000-B2	24.094
D2-BS5000	24.354
P.I.Nº 6	37.025
P.I. Nº 500	39.875
Carbón antracítico	48.042
Carbón bituminoso	49.466



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

**Gracias por su atención**