

EMISIONES EN CALDERAS

Este artículo entrega valores referenciales asociados a los productos de la combustión y las emisiones de las calderas industriales restringidas por los planes de prevención y descontaminación atmosférica.

Por Arnulfo Oelker Behn
Gerente Técnico de Thermal Engineering
aoelker@thermal.cl



De manera recurrente, representantes de diversos sectores productivos y profesionales involucrados en procesos térmicos y ambientales nos consultan sobre la composición y cualidades de los combustibles más usados en las calderas industriales y sus emisiones asociadas, la mayoría de las cuales están reguladas por distintos instrumentos normativos.

Para responder a esas inquietudes, en este artículo entregamos valores referenciales relacio-

nados con los productos de la combustión y las emisiones restringidas por los planes de prevención y descontaminación atmosférica en Chile.

COMBUSTIBLES

A continuación, se presentan valores referenciales para la composición y el poder calorífico de combustibles gaseosos, líquidos y sólidos utilizados con mayor frecuencia en la industria chilena.

Tabla 1: Combustibles gaseosos

Parámetro	Gas natural	Gas licuado	Biogás
Metano	92.0 %	-	58.3 %
Etano	4.0 %	-	-
Propano	1.0 %	95 %	-
Butano	1.9 %	5 %	-
Dióxido de carbono	1.62 %	-	41.0 %
Agua	0.08 %	-	-
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	-	-	0.56 %
Nitrógeno	0.9 %	-	0.06
Poder calorífico superior	9750 Kcal/Nm ³	12,050 Kcal/Kg	5550 Kcal/Nm ³
Poder calorífico inferior	8775 Kcal/Nm ³	11,100 Kcal/Kg	5000 Kcal/Nm ³
Densidad	0.78 Kg/Nm ³	0.5 Kg/l	1.24 kg/Nm ³

Tabla 2: Combustibles líquidos

Parámetro	Petróleo diésel	Petróleo N° 6
Carbono	82.4 %	84.7 %
Oxígeno	5.5 %	2.53 %
Hidrógeno	12.044 %	11.02 %
Azufre	15 ppm	1 %
Nitrógeno	0.03	0.538 %
Agua	0	0
Ceniza	0	0.042 %
Poder calorífico superior	10900 Kcal/Kg	10300 Kcal/Kg
Poder calorífico inferior	10300 Kcal/Kg	9850 Kcal/Kg
Densidad	0.95 Kg/l	0.85 Kg/l

Tabla 3: Combustibles sólidos

Parámetro	Carbón bituminoso	Biomasa
Carbono	63.87 %	26.56 %
Oxígeno	8.42 %	22.2 %
Nitrógeno	0.94 %	0.33 %
Azufre	0.55 %	0.03 %
Agua	9 %	45 %
Ceniza	12.3 %	0.45 %
Poder calorífico superior	6610 Kcal/Kg	2550 Kcal/Kg
Poder calorífico inferior	6500 Kcal/Kg	2125 Kcal/Kg



→ EMISIONES

Las tablas 4, 5 y 6 señalan las emisiones resultantes de la combustión de los combustibles presentados anteriormente, considerando los excesos de aire con los que normalmente operan las calderas que los utilizan.

Tabla 4: Emisiones con combustibles gaseosos

Parámetro	Gas natural	Gas licuado	Biogás
Exceso de aire	15 %	15 %	15 %
Oxígeno (O ₂)	0.309 Nm³/Nm³	1.41 Nm³/Kg	0.19 Nm³/Nm³
Dióxido de carbono (CO ₂)	1.064 Nm³/Nm³	1.52 Nm³/Kg	0.99 Nm³/Nm³
Nitrógeno (N ₂)	8.961 Nm³/Nm³	11.04 Nm³/Kg	5.16 Nm³/Nm³
Óxidos de nitrógeno (NOx)	80 ppm	90 ppm	100 ppm
Monóxido de carbono (CO)	50 ppm	50 ppm	50 ppm
Dióxido de azufre (SO ₂)	-	-	744 ppm
Material particulado	10 mg/Nm³	10 mg/Nm³	15 mg/Nm³
Flujo productos combustión	12.4 Nm³/Nm³	15.1 Nm³/Kg	7.52 Nm³/Nm³
Flujo aire combustión	11.3 Nm³/Nm³	13.9 Nm³/Kg	6.5 Nm³/Nm³

Tabla 5: Emisiones con combustibles líquidos

Parámetro	Petróleo diésel	Petróleo N° 6
Exceso de aire	15 %	15 %
Oxígeno (O ₂)	0.326 Nm³/Kg	0.328 Nm³/Kg
Dióxido de carbono (CO ₂)	1.525 Nm³/Kg	1.567 Nm³/Kg
Nitrógeno (N ₂)	9.415 Nm³/Kg	9.474 Nm³/Kg
Agua (H ₂ O)	1.528 Nm³/Kg	1.416 Nm³/Kg
Óxidos de nitrógeno (NOx)	100 ppm	350 ppm
Monóxido de carbono (CO)	50 ppm	100 ppm
Dióxido de azufre (SO ₂)	0.006 ppm	1750 mg/Nm³
Material particulado	15 mg/Nm³	200 mg/Nm³
Flujo productos combustión	12.8 Nm³/Kg	12.8 Nm³/Kg
Flujo aire combustión	11.9 Nm³/Kg	11.9 Nm³/Kg

Tabla 6: Emisiones con combustibles sólidos

Parámetro	Carbón Bituminoso	Biomasa
Exceso de aire	50 %	50 %
Oxígeno (O ₂)	0.705 Nm³/Kg	0.26 Nm³/Kg
Dióxido de carbono (CO ₂)	1.182 Nm³/Kg	0.491 Nm³/Kg
Nitrógeno (N ₂)	7.96 Nm³/Kg	2.934 Nm³/Kg
Agua (H ₂ O)	0.815 Nm³/Kg	0.971 Nm³/Kg
Óxidos de nitrógeno (NOx)	300 ppm	80 ppm
Monóxido de carbono (CO)	100 ppm	100 ppm
Dióxido de azufre (SO ₂)	1113 mg/Nm³	-
Material particulado (MP)*	350 mg/Nm³	350 mg/Nm³
Flujo productos combustión	10.06 Nm³/Kg	4.657 Nm³/Kg
Aire combustión	10.66 Nm³/Kg	3.711 Nm³/Kg

(*) La emisión de MP considera un separador primario (multiciclón).