

000289

## GreenLabUC

Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

### PROYECTO:

“ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LA NORMA NACIONAL DE CALDERAS Y PROCESOS DE COMBUSTIÓN (HORNOS DE VIDRIO Y CEMENTERAS)”

Estudio solicitado por la Subsecretaría del Medio Ambiente  
Departamento de Economía Ambiental

26 de Septiembre 2016

Fecha

7 de Septiembre, 2016

## Objetivos del estudio

1

### • GENERAL:

- Elaborar (a partir de recopilación, validación y consolidación de la información actualmente disponible) los antecedentes y una evaluación económica de escenarios de regulación para la norma nacional de emisión de calderas y procesos de combustión (hornos de vidrio y cementeras).

### • ESPECÍFICOS:

1. Consolidar una base de datos nacional de calderas y procesos de combustión (hornos de vidrio y cementeras) y mejorar las estimaciones de la información relevante acordada con la contraparte técnica, para los siguientes sectores: Industrial, comercial, residencial e institucional.
2. Evaluar las emisiones proyectadas de dos escenarios normativos propuestos por el MMA y un escenario de línea base (sin medidas), para cada contaminante: MP, MP10, MP2.5, CO, NOx, SO2 y una sustancia tóxica (Mercurio).

000289  
VTA

# Objetivo 1: Consolidar base de datos nacional de calderas y procesos de combustión

2

Consolidar una base de datos nacional de calderas y procesos de combustión (hornos de vidrio y cementeras) y mejorar las estimaciones de la información relevante acordada con la contraparte técnica, para los siguientes sectores: Industrial, comercial, residencial e institucional.

Base de datos	Alcance geográfico	Contaminantes	Parámetro	Años	Tipos de fuente	Control
SISTAM	Nacional	CO, MP, NOx, SOx,... + 179 tipos de contaminantes tóxicos	Emisión anual	2008 a 2012	CA, IN, GE, PC y EL	Si
ATS Energía 2014	RM	CO, MP, NO y SO2	Emisión anual	2014	IN y CA	Si
SEREMI	RM	Nox, CO, COV, SO2, O2 y CO2	Capacidad de emisión horaria	2010 al 2014	IN, CA y PR	No
Declaraciones RECT	Nacional	Posee datos de 15 contaminantes*	Emisión anual	2014	IN, CA, GE, PC y PSC	No

\*Arsénico, Benceno, Compuestos Orgánicos Volátiles, Dibenzoparadióxinas policloradas y furanos (PCDD/F), Dióxido de azufre (SO2), Dióxido de carbono (CO2), Material particulado, Mercurio, Monóxido de carbono, MP10, MP2,5, Nitrógeno amoniacal (o NH3), NOx, Plomo, Tolueno / metil benceno / Toluol / Fenilmetano  
\*Tipos de fuentes: CA: Calderas de Calefacción; GE: Calderas de generación eléctrica; IN: Calderas Industriales; EL: Grupos Electrónicos ; PC: Procesos con combustión ; PSC: Procesos sin combustión

[www.GreenLabUC.cl](http://www.GreenLabUC.cl)

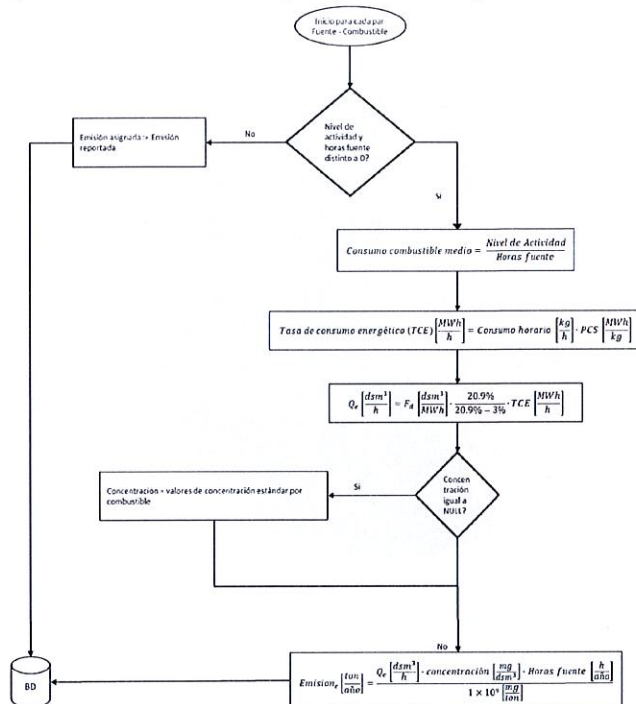
## Procedimiento

4

Para consolidar las BDs, se siguió la siguiente secuencia metodológica para calderas:

1. Uniformización de BD
2. Correspondencia de las fuentes en cada BD
3. Asignación de datos faltantes
4. Revisión y validación de la BD consolidada

## Diagrama de flujo de la metodología para completar información faltante



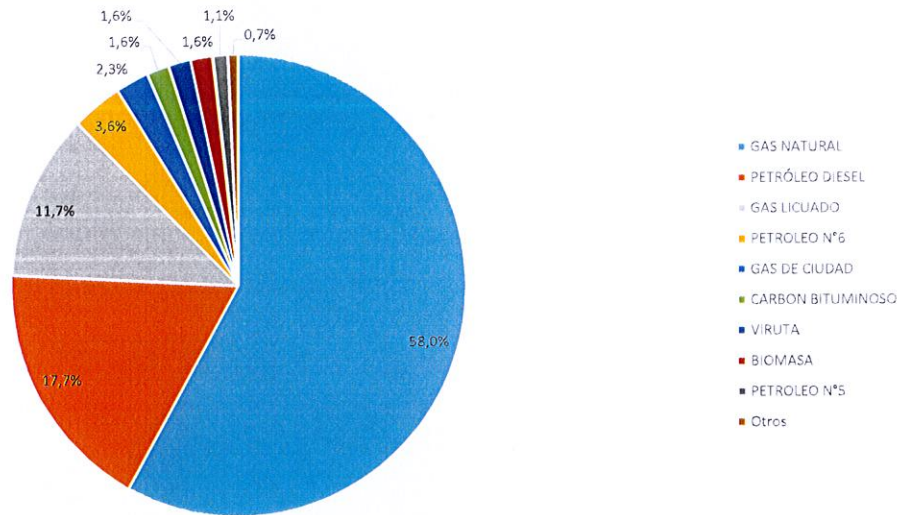
## Resultados



# Distribución de calderas según combustible

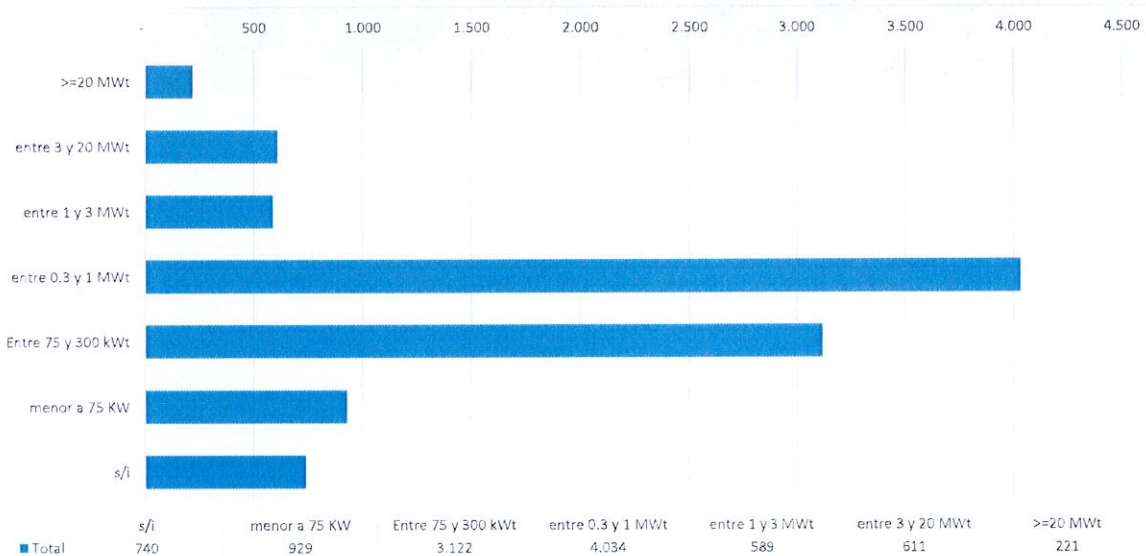
## Distribución según registro

000290 VTA

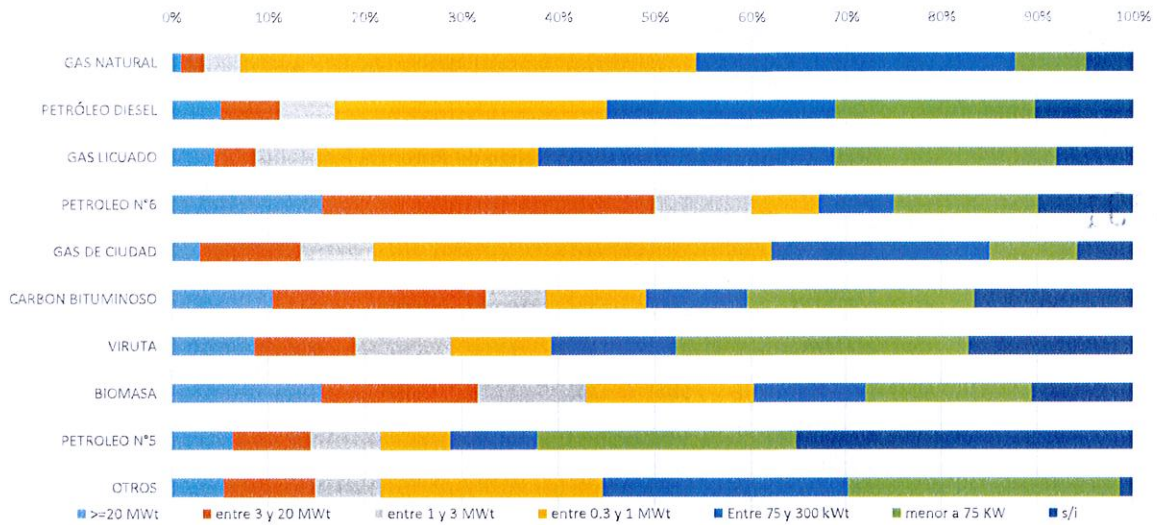


# Distribución según rango de potencia térmica

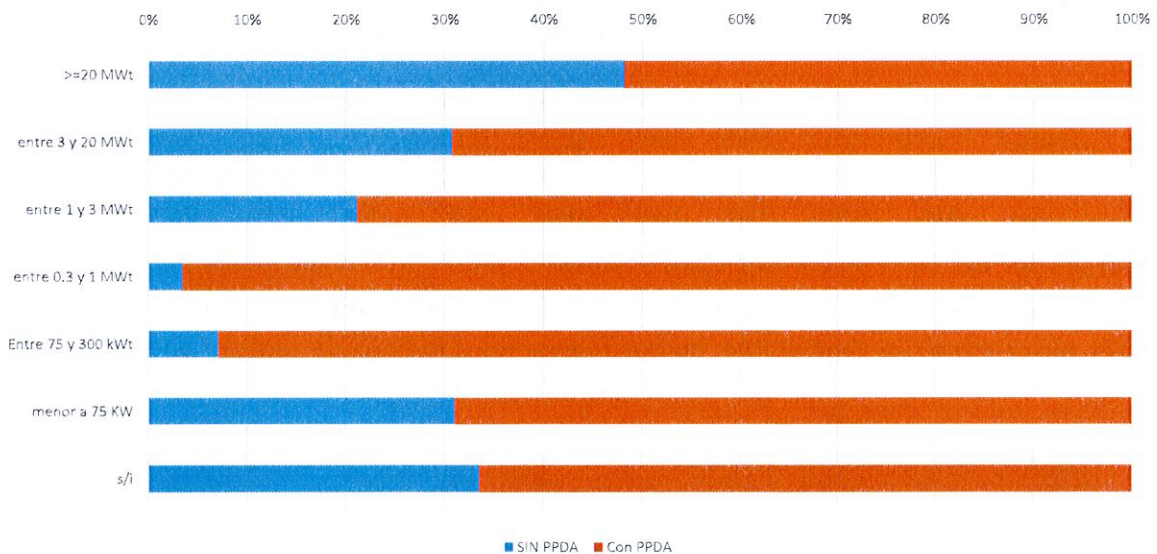
## Distribución de acuerdo a rango de potencia térmica estimada



## Distribución por tipo de combustible



## Distribución de calderas según comuna con o sin PPDA





# Emisiones Anuales por Rango potencia térmica

- En la Tabla y Figura se observan como las calderas con mayor potencia son las principales responsables de las emisiones para todos los contaminantes y sustancias tóxicas. Recordemos que sólo el 8% de las calderas tiene una potencia mayor a los 3 MWt, y sin embargo estas representan cerca de del 90% de las emisiones para todos los contaminantes.

Emisiones Anuales según Rango de Potencia [ton/año]

Rango potencia	MP	CO	SOx	NOx	Hg	COV
>=20 MWt	3,880	27,329	3,585	18,115	0.33	11,354
entre 3 y 20 MWt	3,392	5,106	26,245	4,397	0.11	352
entre 1 y 3 MWt	631	3,663	7,315	1,649	0.01	104
entre 0.3 y 1 MWt	920	405	1,504	2,886	0.02	62
Entre 75 y 300 kWt	884	121	48,880	3,402	0.01	65
menor a 75 KW	2,502	855	4,300	4,904	0.11	139
s/i	603	1,390	1,790	880	0.00	13
<b>Total</b>	<b>12,812</b>	<b>38,870</b>	<b>93,619</b>	<b>36,233</b>	<b>0.60</b>	<b>12,089</b>

000291 VTA

## Emisiones con o sin PPDA

- Observando la siguiente tabla se puede analizar las fuentes con o sin PPDA por contaminante. Se puede ver que para todos estos contaminantes, las emisiones de fuentes sin PPDA siempre superan a las emisiones de fuentes con PPDA.

PPDA	N	Pot. [MWt]	MP	CO	SOx	NOx	Hg	MP2.5	MP10	COV
SIN PPDA	1,450	24,912	7,547	29,755	80,704	19,743	0.47	7,082	9,438	1,507
Con PPDA	8,796	21,857	5,265	9,114	12,914	16,490	0.12	3,411	4,149	10,583
<b>Total</b>	<b>10,246</b>	<b>46,769</b>	<b>12,812</b>	<b>38,870</b>	<b>93,619</b>	<b>36,233</b>	<b>0.60</b>	<b>10,493</b>	<b>13,587</b>	<b>12,089</b>

- Alrededor del 76% de las toneladas emitidas se encuentran actualmente sin un PPDA.
- Si se realiza el detalle para las fuentes sin PPDA se puede observar tanto la división por sector como por combustible, ambas relevantes a la hora de realizar una norma

Sector	N	Potencia MW	MP	CO	SOx	NOx	Hg	MP2.5	MP10	COV
Comercial / público	465	1,282	245	279	746	645	0.01	70	134	15
Industrial	891	23,137	7,275	29,424	79,932	18,879	0.47	7,005	9,286	1,489
Residencial	90	493	27	53	26	220	0.00	7	18	2
<b>Total</b>	<b>1,446</b>	<b>24,912</b>	<b>7,547</b>	<b>29,755</b>	<b>80,704</b>	<b>19,743</b>	<b>0.47</b>	<b>7,082</b>	<b>9,438</b>	<b>1,507</b>

## Etapa 2 y 3

1. Proyección de emisiones
2. Evaluación de escenarios normativos

## Componente 2 del estudio

La segunda parte del estudio considera dos procesos, que se retroalimentan:

- Estimación de emisiones por escenario normativo
  - Proyección de emisiones bases
  - Proyección escenarios normativos
- Análisis de costos
  - Definición de costos por medida
  - Evaluación de los costos por escenario



# Proyección de emisiones según escenarios normativos

000292

34

000292 VTA

$$\text{Emision}_i = \text{SUMA}_x (\text{ Nivel Actividad}_x * \text{FE}_{x,i} )$$

Donde,

x: calderas

i: Escenario normativo

FE<sub>x,t</sub>: es el factor de emisión el cual depende del escenario normativo t

Se consideran 3 escenarios:

- Escenario línea base (sin norma)
- 2 escenarios normativos

Para los 3 escenarios se considera el mismo parque y condiciones de uso.

## Escenario normativo 1: Concentración

### Calderas Existentes

Rango	MP		SO2			NOx		
	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido
1-3 MWt			100			100		
3-20 MWt		20		350		30	200	300
> 20 MWt			50					

### Calderas Nuevas

Rango	MP		SO2			NOx		
	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido
1-3 MWt						100		
3-20 MWt		20	100	350		30	200	300
> 20 MWt			50					

- Limite de emisión de mercurio de 0.1 mg/m3N para calderas de carbón y/o petcoke mayores a 3 MWt



## Calderas Existentes

Rango	MP		SO2			NOx		
	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido
1-3 MWt							n/a	
3-20 MWt		50	100	500	600	30	460	650
> 20 MWt		30			400		200	500

## Calderas Nuevas

Rango	MP		SO2			NOx		
	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido	Gas	Líquido	Sólido
1-3 MWt						100		
3-20 MWt		20	100		350	30	200	300
> 20 MWt			50					

- Limite de emisión de mercurio de 0.1 mg/m3N para calderas de carbón y/o petcoke mayores a 3 MWt

[www.GreenLabUC.cl](http://www.GreenLabUC.cl)

## Medidas de abatimiento consideradas - Eficiencias

Equipo control	MP (%)	Nox (%)	Sox (%)	Fuente de dato
Demister	85	0	0	VITO, 2011
Precipitador electroestático (ESP)	99	0	0	VITO, 2011
FGD Húmedo	0	0	85	VITO, 2011
FGD Seco	0	0	75	VITO, 2011
Filtro de Mangas	99	0	0	VITO, 2011
Inyección de agua	0	72	0	MMA, 2016
Multiciclón	65	0	0	VITO, 2011
Quemador de Bajo NOx	0	30	0	AMEC, 2012
Recirculación de Gases	0	30	0	AMEC, 2012
Reducción Catalítica Selectiva (SCR)	0	85	0	VITO, 2011
Depurador Venturi	85	0	0	MMA, 2016
Recambio por combustible gaseoso	Se asigna la concentración base por contaminante del combustible gaseoso			

Se considera que no todas las tecnologías son aplicables a todos los tipos de combustibles

## Medidas de abatimiento consideradas - Costos

000293 VTA

- Se generan dos escenarios de costos: Costos Bajo y Altos.
- Para cada escenario y tecnología se realiza un esfuerzo por caracterizar los siguientes tipos de costos – según rango de potencia:
  - Inversión (por MWt o Caudal)
  - Mantenimiento (por año)
  - Operación (por horas de funcionamiento o energía consumida)
- De esta forma cada equipo de control tendrá un costo único dependiendo del tamaño y condiciones de uso de la caldera.

GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

## Escenarios normativos – asignación de equipos de control

Se considera la instalación de equipos de control de acuerdo al siguiente problema de optimización

Min{ Costos Totales }

s.a.

Conc  $\leq$  Concentracion\_Norma

Costos Totales = C<sub>inversión</sub> + VP(C<sub>mantención</sub> + C<sub>operación</sub>)

Cumplimiento de consideraciones técnicas: no todas las medidas están disponibles para todas las calderas → depende del estado del combustible

El problema de optimización se resuelve para cada una de las calderas.

GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.



Contaminante	Reducción escenario bajo [%]	Reducción escenario alto [%]
MP	74.2%	73.6%
NOx	75.2%	74.1%
SOx	54.1%	54.1%

Contaminante	Reducción escenario bajo [%]	Reducción escenario alto [%]
MP	73.4%	71.8%
NOx	64.4%	64.4%
SOx	68.0%	68.0%

Escenario de Normativo	Alto	Bajo
Esc. 1	13,775,748,501	2,733,464,093
Esc. 2	13,054,180,984	2,289,886,736

Gracias

000294 VTA