



000414

GOF/947

Santiago, 16 de Enero de 2017.

Señores

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE**

Sr. German Oyola, Jefe de la División de Calidad del Aire y Cambio Climático.  
San Martín 73, Santiago.

**Referencia: Norma de emisión para calderas**

Estimado señor:

Acorde lo solicitado por Ivonne Moreno Araneda (Departamento de Normas y Políticas División Calidad del Aire y Cambio Climático), hacemos llegar nuestros comentarios y/u observaciones posteriores al comité ampliado realizado el día Miércoles 11 de Enero de 2017 en Auditorium Corfo, sobre la nueva normativa ambiental a nivel nacional para calderas.

Nuestra empresa cuenta con una vasta experiencia en tecnologías bajo normativas ASME y EPA para calderas y abatimiento de gases, donde la eficiencia y seguridad son factores primordiales, a bajo costo.

Esperamos que nuestros comentarios sean de ayuda para la elaboración de la normativa. Si tienen dudas o consultas con respecto a tecnologías o normativas de seguridad en calderas, quedamos abiertos a reuniones para colaborar con nuestra experiencia.

Saludos cordiales,

**Michel Moreno Sáez**  
Ingeniero Civil Mecánico  
Profesional Facultado del Seremi de Salud Calderas y Autoclaves  
Departamento de Ingeniería Enamsa  
[mmoreno@enamsa.cl](mailto:mmoreno@enamsa.cl)

INVERSIONES T.E.P.A.M. S.P.A.  
Departamento Ingeniería ENAMSA  
763175-207-AK  
16/01/17

415

**Michel Moreno Enamsa**

0

**De:** Ivonne Moreno Araneda <IMoreno@mma.gob.cl>  
**Enviado el:** miércoles, 11 de enero de 2017 16:17  
**Para:** Michel Moreno Enamsa  
**Asunto:** RE: Consulta e Información sobre tecnologías de abatimiento para calderas

**Marca de seguimiento:** Seguimiento  
**Estado de marca:** Marcado

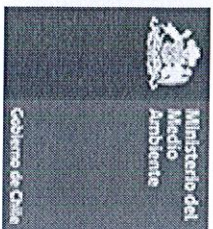
Estimado Miche:

Junto con saludar, agradezco la información y quisiera solicitar que puedas hacer llegar la información de manera formal dirigido a Sr. German Oyola, Jefe de la División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Dirección: San Martín 73, Santiago. Oficina de Partes, Ministerio del Medio Ambiente. Así podremos incluir los antecedentes en el expediente público.

En cuanto a la página solicitada, esta es:

[http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/mostrarResultado.php?tema\\_ambiental=1&tipo\\_norma=emision&id\\_localidad=0](http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/mostrarResultado.php?tema_ambiental=1&tipo_norma=emision&id_localidad=0)

Saludos cordiales



**IYONNE MORENO ARANEDA**  
Ingeniero Civil en Biotecnología  
Departamento de Normas y Políticas  
División Calidad del Aire y Cambio Climático

Ministerio del Medio Ambiente  
[www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl) (56-02) 25735537

**De:** Michel Moreno Enamsa [mailto:mmoreno@enamsa.cl]  
**Enviado el:** miércoles, 11 de enero de 2017 16:02  
**Para:** Ivonne Moreno Araneda  
**CC:** [ecastrillon@enamsa.cl](mailto:ecastrillon@enamsa.cl)  
**Asunto:** Consulta e Información sobre tecnologías de abatimiento para calderas

Estimada Ivonne buenas tardes, antes que todo muchas gracias por vuestra invitación al comité ampliado de la normativa ambiental para calderas. Acorde lo expuesto, agradeceríamos que nos pudieran enviar el link para descargar las presentaciones.

200416

En relación a la normativa que se está elaborando, tenemos las siguientes observaciones, dado que hemos instalado equipos de abatimiento en calderas a carbón bituminoso y filtros de manga en caldera a biomasa (adjunto presentación de tecnologías):

El NOx es generado principalmente por combustión a altas temperaturas, es decir, por combustibles tales como gas natural, gas licuado y biogás, entre otros. El carbón, petróleo pesado y biomasa generan NOx en menos cantidad, por lo tanto, si se exige PTS, SO2 y NOx para cada combustible, las tecnologías económicas a utilizar serían:

- GAS NATURAL/GLP : Quemador LowNOx o sistemas **NSCR/SCR** (implementar 1 equipo o cambiar el quemador, esto último es lo más económico)
- CARBON/PETROLEOS PESADOS : VENTURI/SCRUBBER + **NSCR/SCR** (implementar 2 equipos)
- PETROLEO DIESEL : VENTURI + **NSCR/SCR** (implementar 2 equipos)
- BIOMASA : FILTRO DE MANGAS + **NSCR/SCR** (implementar 2 equipos)

Como podrán darse cuenta, en todos los casos es requerido instalar el sistema NSCR/SCR para abatir el NOx, siendo este, el equipo más caro de todos. En el caso de SCR necesita gases a 350°C (por lo tanto se debe instalar un quemador de gas adicional), y en el caso del NSCR necesita UREA. Dado lo anterior, creemos que NOx debiera ser solicitado únicamente para GAS NATURAL, GLP, BIOGAS, etc... es decir, combustibles gaseosos que generan altas temperaturas.

Para el resto de los combustibles (líquidos y sólidos), el equipo VENTURI-SCRUBBER (el cual ya está instalado en Chile para una caldera a carbón. Adjunto ficha EPA de esta tecnología) abate PM2.5, SO2 y un % de NOx, convirtiéndolo en un equipo modular (requiere poco espacio en calderas existentes) y que captura los 3 elementos requeridos, alcanzando los siguientes resultados con carbón bituminoso:

- PM2.5 : de 425 mg/m3N a 30 mg/m3N
- SO2 : de 3600 mg/m3N a 300 mg/m3N (en la tabla expuesta se mencionaba 600 mg/m3N, este valor puede ser menor. 600 mg/m3N es un valor muy alto)
- NOx : de 1200 mg/m3N a 800 mg/m3N

Creemos que el NOx es una exigencia cuyo costo de inversión es tan alto, que obligaría a todas las empresas a cambiarse a GN o GLP, en especial las menores a 3MWt, generando aumento de costos en la producción de vapor, agua caliente o fluido térmico.

Ojalá que estas observaciones sean de su utilidad, para considerarlas en la normativa ambiental. Quedamos atentos al link, y/o a una reunión en caso de necesitar información adicional. Saludos cordiales,



Michel Moreno S.  
Departamento de Ingeniería  
Address: Av. Holanda 099, Of. 1101 - Providencia  
Office: +56 02 32093649  
Mobile: +59 09 79390621  
Email: [mimoreno@enamsa.cl](mailto:mimoreno@enamsa.cl)  
Web: [www.enamsa.cl](http://www.enamsa.cl)



 Antes de imprimir evalúe si es realmente necesario... "El medioambiente es asunto de todos"



## Air Pollution Control Technology Fact Sheet

**Name of Technology:** Venturi Scrubber

This type of technology is a part of the group of air pollution controls collectively referred to as "wet scrubbers." Venturi scrubbers are also known as venturi jet scrubbers, gas-atomizing spray scrubbers, and ejector-venturi scrubbers.

**Type of Technology:** Removal of air pollutants by inertial and diffusional interception.

**Applicable Pollutants:**

Venturi scrubbers are primarily used to control particulate matter (PM), including PM less than or equal to 10 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) in aerodynamic diameter ( $\text{PM}_{10}$ ), and PM less than or equal to 2.5  $\mu\text{m}$  in aerodynamic diameter ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Though capable of some incidental control of volatile organic compounds (VOC), generally venturi scrubbers are limited to control PM and high solubility gases (EPA, 1992; EPA, 1996).

**Achievable Emission Limits/Reductions:**

Venturi scrubbers PM collection efficiencies range from 70 to greater than 99 percent, depending upon the application. Collection efficiencies are generally higher for PM with aerodynamic diameters of approximately 0.5 to 5  $\mu\text{m}$ . Some venturi scrubbers are designed with an adjustable throat to control the velocity of the gas stream and the pressure drop. Increasing the venturi scrubber efficiency requires increasing the pressure drop which, in turn, increases the energy consumption (Corbitt, 1990; EPA, 1998).

**Applicable Source Type:** Point

**Typical Industrial Applications:**

Venturi scrubbers have been applied to control PM emissions from utility, industrial, commercial, and institutional boilers fired with coal, oil, wood, and liquid waste. They have also been applied to control emission sources in the chemical, mineral products, wood, pulp and paper, rock products, and asphalt manufacturing industries; lead, aluminum, iron and steel, and gray iron production industries; and to municipal solid waste incinerators. Typically, venturi scrubbers are applied where it is necessary to obtain high collection efficiencies for fine PM. Thus, they are applicable to controlling emission sources with high concentrations of submicron PM (EPA, 1995; Turner, 1999).

**Emission Stream Characteristics:**

- a. **Air Flow:** Typical gas flow rates for a single-throat venturi scrubber unit are 0.2 to 478 standard cubic meters per second ( $\text{sm}^3/\text{sec}$ ) (500 to 100,000 standard cubic feet per minute (scfm)). Flows higher than this range use either multiple venturi scrubbers in parallel or a multiple throated venturi (EPA, 2001).
- b. **Temperature:** Inlet gas temperatures are usually in the range of 4 to 400°C (40 to 750°F) (EPA 2002).
- c. **Pollutant Loading:** Waste gas pollutant loadings can range from 1 to 115 grams per standard cubic meter ( $\text{g}/\text{sm}^3$ ) (0.1 to 50 grains per standard cubic foot ( $\text{gr}/\text{scf}$ )) (Turner, 1999; Dixit, 1999).

- d. **Other Considerations:** In situations where waste gas contains both particulates and gases to be controlled, venturi scrubbers are sometimes used as a pretreatment device, removing PM to prevent clogging of a downstream device, such as a packed bed scrubber, which is designed to collect primarily gaseous pollutants.

#### Emission Stream Pretreatment Requirements:

Generally, no pretreatment is required for venturi scrubbers, though in some cases the waste gas is quenched to reduce the temperature for scrubbers made of materials affected by high temperatures (Dixit, 1999)

#### Cost Information:

The following are cost ranges (expressed in 2002 dollars) for venturi wet scrubbers of conventional design under typical operating conditions, developed using the *EPA Air Pollution Control Cost Manual*. For purposes of calculating the example cost effectiveness, the pollutant is assumed to be PM at an inlet loading of approximately  $7 \text{ g/sm}^3$  ( $3 \text{ gr/scf}$ ) and the control efficiency is 99%. The costs do not include costs for fans and pumps or costs for treatment/disposal of used solvent and waste. Actual costs can be substantially higher than in the ranges shown for applications which require expensive materials, solvents, or treatment methods. As a rule, smaller units controlling a low concentration waste stream will be much more expensive (per unit volumetric flow rate) than a large unit cleaning a high pollutant load flow.

- a. **Capital Cost:** \$5,300 to \$45,000 per  $\text{sm}^3/\text{sec}$  (\$2.5 to \$21 per scfm)
- b. **O & M Cost:** \$9,300 to \$254,000 per  $\text{sm}^3/\text{sec}$  (\$4.4 to \$120 per scfm), annually
- c. **Annualized Cost:** \$12,000 to \$409,000 per  $\text{sm}^3/\text{sec}$  (\$5.7 to \$193 per scfm), annually
- d. **Cost Effectiveness:** \$77 to \$2,600 per metric ton (\$70 to \$2,400 per short ton), annualized cost per ton per year of pollutant controlled

#### Theory of Operation:

A venturi scrubber accelerates the waste gas stream to atomize the scrubbing liquid and to improve gas-liquid contact. In a venturi scrubber, a "throat" section is built into the duct that forces the gas stream to accelerate as the duct narrows and then expands. As the gas enters the venturi throat, both gas velocity and turbulence increase. Depending upon the scrubber design, the scrubbing liquid is sprayed into the gas stream before the gas encounters the venturi throat, or in the throat, or upwards against the gas flow in the throat. The scrubbing liquid is then atomized into small droplets by the turbulence in the throat and droplet-particle interaction is increased. Some designs use supplemental hydraulically or pneumatically atomized sprays to augment droplet creation. The disadvantage of these designs is that clean liquid feed is required to avoid clogging (EPA, 1998; AWMA, 1992; Corbitt, 1990).

After the throat section, the mixture decelerates, and further impacts occur causing the droplets to agglomerate. Once the particles have been captured by the liquid, the wetted PM and excess liquid droplets are separated from the gas stream by an entrainment section which usually consists of a cyclonic separator and/or a mist eliminator (EPA, 1998; Corbitt, 1990).

Current designs for venturi scrubbers generally use the vertical downflow of gas through the venturi throat and incorporate three features: (1) a "wet-approach" or "flooded-wall" entry section to avoid a dust buildup at a wet-dry junction; (2) an adjustable throat for the venturi throat to provide for adjustment of the gas velocity and the pressure drop; and (3) a "flooded" elbow located below the venturi and ahead of the entrainment separator, to reduce wear by abrasive particles. The venturi throat is sometimes fitted with a refractory lining to resist abrasion by dust particles (Perry, 1984).

**Advantages:**

Advantages of venturi scrubbers include (Cooper, 1994):

1. Can handle flammable and explosive dusts with little risk;
2. Can handle mists;
3. Relatively low maintenance;
4. Simple in design and easy to install;
5. Collection efficiency can be varied;
6. Provides cooling for hot gases; and
7. Corrosive gases and dusts can be neutralized.

**Disadvantages:**

Disadvantages of impingement plate scrubbers include (Perry, 1984, Cooper, 1994):

1. Effluent liquid can create water pollution problems;
2. Waste product collected wet;
3. High potential for corrosion problems;
4. Protection against freezing required;
5. Off gas may require reheating to avoid visible plume;
6. Collected PM may be contaminated, and may not be recyclable; and
7. Disposal of waste sludge may be very expensive.

**Other Considerations:**

For PM applications, wet scrubbers generate waste in the form of a slurry or wet sludge. This creates the need for both wastewater treatment and solid waste disposal. Initially, the slurry is treated to separate the solid waste from the water. The treated water can then be reused or discharged. Once the water is removed, the remaining waste will be in the form of a solid or sludge. If the solid waste is inert and nontoxic, it can generally be landfilled. Hazardous wastes will have more stringent procedures for disposal. In some cases, the solid waste may have value and can be sold or recycled (EPA, 1998).

**References:**

Avallone, 1996. "Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers," edited by Eugene Avallone and Theodore Baumeister, 10<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 1996.

AWMA, 1992. Air & Waste Management Association, Air Pollution Engineering Manual, Van Nostrand Reinhold, New York.

Cooper, 1994. David Cooper and F. Alley, Air Pollution Control: A Design Approach, 2<sup>nd</sup> Edition, Waveland Press, Prospect Heights, IL, 1994.

Corbitt, 1990. Standard Handbook of Environmental Engineering, edited by Robert A. Corbitt, McGraw-Hill, New York, NY, 1990.

Dixit, 1999. Mandar Dixit, Misonix, Inc., (516) 694-9555, personal communication with Eric Albright, May 25, 1999.

EPA, 1992. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Control Technologies for Volatile Organic Compound Emissions from Stationary Sources," EPA 453/R-92-018, Research Triangle Park, NC, December, 1992

EPA, 1995. U.S. EPA, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors," AP-42, Volume I, Research Triangle Park, NC, January, 1995.

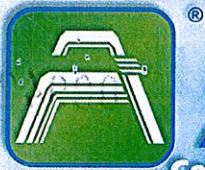
EPA, 1996. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "OAQPS Control Cost Manual," Fifth Edition, EPA 453/B-96-001, Research Triangle Park, NC February.

EPA, 1998. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Stationary Source Control Techniques Document for Fine Particulate Matter," EPA-452/R-97-001, Research Triangle Park, NC, October.

EPA, 2002. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, *OAQPS EPA Air Pollution Control Cost Manual*, Section 6 Chapter 2, EPA 452/B-02-001. Research Triangle Park, NC.  
<http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/cs2ch3.pdf>

Perry, 1984. "Perry's Chemical Engineers' Handbook," edited by Robert Perry and Don Green, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 1984.

Turner, 1999. Tom Turner, Turner Envirologics, (800) 933-8385, personal communication with Eric Albright, May 26, 1999.



**Aralco**  
Control y Medición Ambiental



**ENAMSA**  
INNOVACIONES TÉRMICO AMBIENTALES  
[www.enamsa.cl](http://www.enamsa.cl)

# Catálogo de Productos

000421

**Lavadores  
Venturi**

**Torres  
Empacadas**

**Colectores de  
Polvo**

**Monitores de  
Emisiones CEMs**

**Precipitadores  
Electrostáticos**

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

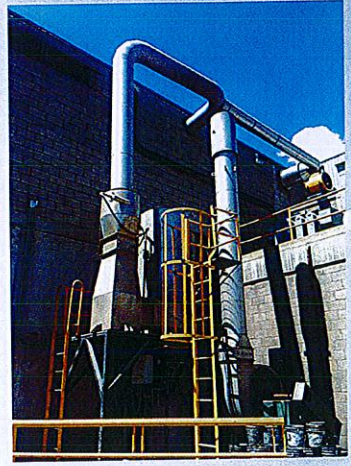
*Lavador de Gases Aralco®  
Venturi Variable, 20,000 acfm*



Establecidos hace más de 30 años, Aralco® diseña, fabrica y distribuye equipos para el control de emisiones que ayudan a cumplir con los requerimientos de límites de emisión, recuperación de valores y el espacio disponible en planta. Los equipos de control de emisiones son fabricados en distintos materiales, incluyendo Acero Inoxidable, Acero al Carbón y Polipropileno. Ofrecemos unidades fabricadas en instalaciones certificadas ASME/ISO9000 cuando éste sea un requerimiento por parte del usuario final.

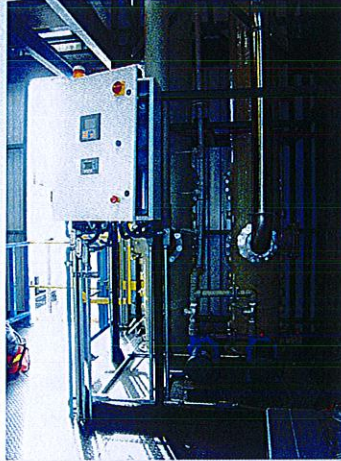
000421 VTA

Lavadores Venturi



Los Lavadores Venturi son ideales para el manejo de gases calientes, húmedos, corrosivos y explosivos. Pueden filtrar emisiones con cargas de polvo muy elevadas. Se recomiendan para calderas de biomasa, carbón y petróleo pesado No 5 y 6; hornos de fundición, hornos de secado e incineradores.

Los Lavadores de Gases tipo Torre Empacada se emplean en procesos donde deban eliminarse eficientemente Partículas Finas, Gases Orgánicos, Gases Inorgánicos, Olores, Nieblas Ácidas y Metales Pesados como Mercurio Elemental ( $Hg^0$ ). Las eficiencias de remoción varían en función del contaminante a capturar y la solución reactiva donde será colectado; pero generalmente son superiores al 95%.



000422

Colectores de Polvo

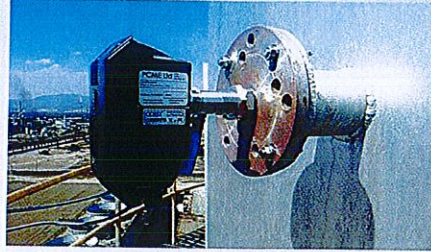
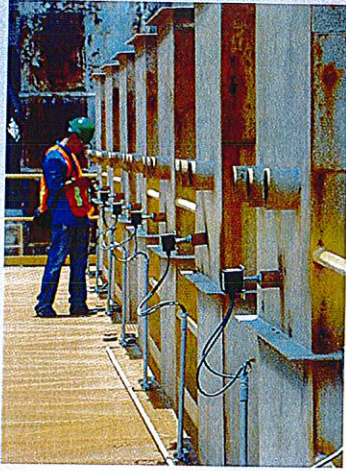
Colectores de Polvo Aralco®, diseñados para los ambientes más agresivos. Operan con altas cargas de polvo manteniendo una eficiencia superior al 99.9%. Flujos de 1,000 hasta 120,000 acfm y temperaturas de hasta 450°F. Disponibles en Acero Inoxidable y Acero al Carbón. Ideales para la industria minera, metalúrgica, cementera, asfaltos, alimenticia y muchas otras. Se ofrecen con válvulas rotativas a la descarga de polvos, colectores ciclónicos a la entrada de gases y sistemas automáticos para identificación y localización de filtros dañados.

000422 V7A

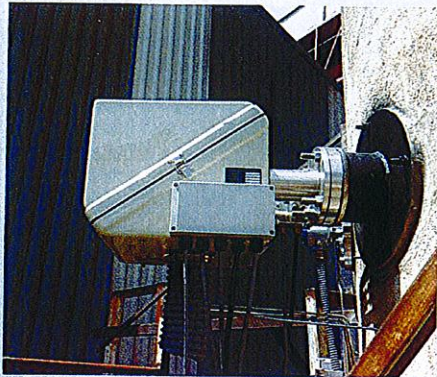


**Monitores de Emisiones.** PCME es fabricante y líder mundial de monitores de emisiones particuladas en fuentes fijas. Los instrumentos incluyen Opacímetros, Medidores de Dispersión Luminosa y la renombrada Sonda Electrodinámica®. Los equipos son empleados para el reporte de emisiones, control de procesos y para la identificación temprana de filtros rotos o desgastados. Cuentan con aprobaciones MCerts, PS-1, EN14181, TÜV y US EPA. Certificado ATEX disponible.

000423



**CEMS - Monitor Continuo de Emisiones Procal 2000 con aprobación US EPA.** Mide directamente los gases de emisión dentro de la chimenea. Puede analizar hasta 6 gases simultáneamente en el mismo instrumento. El precio representa una fracción de los instrumentos extractivos tradicionales. La serie Procal 2000 mide CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC's, entre otros gases. Medición de la Velocidad y Contenido de Oxígeno también disponibles. Útil en plantas de generación de electricidad, industria petroquímica, industria del cemento, acero, incineración, etc. Cuenta con aprobaciones EPA 40CFR, TÜV, CE, MCerts, EN14181 entre otras. Certificado ATEX disponible.



Aralco® ofrece los servicios de Inspección y Reparación de Precipitadores Electrostáticos secos así como el refaccionamiento y la modernización de los sistemas de Control de Alto Voltaje. Contamos Torres de Acondicionamiento de Gases, Monitores de Opacidad y Sistemas de Limpieza por Golpec para cortinas y electrodos.

003423 VTA

Precipitadores Electrostáticos



REPRESENTANTE EXCLUSIVO EN CHILE:

PPP/CA/0215

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

ENAMSA  
ENERGIAS AMBIENTALES SPA  
Avda. Carmen #1922, Santiago - Santiago, Chile  
Factory : Avda. San Ignacio 0160 L14, Quilicura, Santiago -  
Chile Office: 56-02-24015236