

Diagnóstico de las centrales termoeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas

Gabriel Herrera Torres* / Cristina López López** /
Mónica Viviana Sánchez Quitian***

RESUMEN

Este proyecto se encuentra enfocado en el diagnóstico de emisiones en las centrales termoeléctricas en Colombia, evaluando el cumplimiento con la norma de emisión actual, Decreto 02 de 1982 y la propuesta de norma de emisión de contaminantes, adelantada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), esto con el fin de obtener una cuantificación de los contaminantes atmosféricos típicos en el sector y dar alternativas de solución para el cumplimiento normativo y la disminución de posibles impactos ambientales que se están presentando en el área de influencia de cada una de las centrales termoeléctricas, logrando esto por medio de alternativas preventivas y correctivas de acuerdo a las necesidades del sector y con los requerimientos de la autoridad ambiental.

Palabras clave: diagnóstico, termoeléctricas, emisiones atmosféricas, cuantificación.

DIAGNOSIS OF THERMOELECTRIC PLANTS IN COLOMBIA AND EVALUATION OF TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES IN THE FULFILLMENT OF THE EMISSION OF FIXED SOURCES REGULATION

ABSTRACT

This project is based on the diagnosis of atmospheric emissions produced by fixed sources in thermoelectric plants in Colombia. It evaluates the fulfillment of the current regulation (Decree 02 of 1982) and the regulation proposal of polluting atmospheric emissions by the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development. Our goal is to quantify the typical atmospheric pollutants in this sector, to propose solutions to fulfill the regulations and to decrease the possible environmental impact on the area surrounding the thermoelectric plants by applying preventive and corrective methods or alternatives according to the sector needs and to environmental requirements.

Key words: Diagnosis, thermoelectric plants, atmospheric emissions, quantification.

* Profesor Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: gherrera@lasalle.edu.co

** ASPINCA LTDA. Correo electrónico: priviett@lasalle.edu.co

***COMPANÍA AGRÍCOLA COLOMBIANA. Correo electrónico: kprk83@lasalle.edu.co

Fecha de recepción: 10 de septiembre de 2007.

Fecha de aceptación: 1 de febrero de 2008.

INTRODUCCIÓN

Colombia contó en el año 2005 con una capacidad efectiva neta instalada de 13.348 MW (UPME, 2006), las plantas hidráulicas constituyen un 63,92%, las térmicas a gas el 27,41% y a carbón el 5,2%, las plantas menores hidráulicas el 3,08% y las menores a gas el 0,17%, los cogeneradores representan el 0,15% y la planta eólica el 0,07%.

La generación de energía por medio de las centrales termoeléctricas aporta un porcentaje importante de la contaminación atmosférica del país (CONPES, 2005) se ubican en el tercer sector contaminante en Colombia produciendo el 32% de la energía total abastecida. En el 2006 funcionaron en Colombia 35 unidades termoeléctricas integradas al Sistema Interconectado Nacional –SIN–, de las cuales operan a gas natural: Tebsa con cinco unidades de generación; TermoCartagena y TermoFlores con tres unidades; TermoSierra, TermoCandelaria, TermoCentro, TermoGuajira y TermoYopal, con dos unidades; y TermoDorada, Emcali, Merilectrica, Proelectrica TermoValle; el mayor contaminante emitido en estas centrales, es el óxido de nitrógeno. Las otras nueve unidades, operan con carbón mineral; TermoZipa que cuenta con cuatro unidades de generación, TermoPaipa con tres y Tasajero, emitiendo material particulado, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno. Dichos contaminantes fueron tenidos en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

Esta investigación se adelanta en el marco de la modificación de la normatividad de fuentes fijas por parte del MAVDT (2007) y tiene como objeto el desarrollo de un soporte técnico para el cumplimiento de los nuevos estándares de emisión para instalaciones de combustión con capacidad instalada superior a 50 MW.

Debido a las altas emisiones de contaminantes en las centrales termoeléctricas, las cuales incumplirían la

propuesta de norma se plantean métodos preventivos y correctivos para lograr que sean disminuidos y se estiman los costos de cada uno de los escenarios viables a emplear.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este proyecto se formuló el diagnóstico de las centrales termoeléctricas, de acuerdo con la siguiente información:

- La suministrada por las autoridades ambientales competentes con respecto al tipo y consumo de combustibles, datos de muestreos isocinéticos y equipos de control.
- Se estimaron las emisiones por factores de emisión de acuerdo a lo determinado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos –EPA–, en el documento *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*.
- Los datos facilitados por la Unidad de Planeación Minero Energética –UPME– y la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG–.

Debido a que se requieren métodos para la disminución de los contaminantes se tuvieron en cuenta:

- Información sobre ubicación y porcentajes de cenizas y azufre de las reservas carboníferas en Colombia (UPME, 2005).
- El boletín técnico de Óxidos de nitrógeno y el manual de costos de control de contaminación en el aire de la EPA.

En la actualidad, Colombia no cuenta con estándares de emisión para la operación de calderas, turbinas o motores que empleen como combustible gas natural. Actualmente, la norma de regulación para emisiones atmosféricas, es el Decreto 02 de 1982 de Ministerio de Salud, en el que se regula la emisión de calderas a carbón para material particulado y la altura de chimenea para emisión de óxidos de azufre. La

propuesta de norma plantea que las instalaciones de combustión con capacidad instalada superior a 50 MW deben cumplir los estándares de emisión que se muestran en la Tabla 1 a condiciones de referencia y para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

TABLA 1. ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLE SEGÚN LA PROPUESTA DE NORMA PARA FUENTES FIJAS

Contaminante	Máxima Concentración (mg/m ³)
Material Particulado (MP)	30
Óxidos de azufre (SO _x)	50
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	200

RESULTADOS

UNIDADES A GAS

Estas unidades cumplen todos los estándares de la propuesta de norma de emisión de fuentes fijas y estarían cercanas a sobrepasar el parámetro de óxidos de nitrógeno las unidades 2 y 3 de TermoFlores.

UNIDADES A CARBÓN

Los valores reportados por la autoridad ambiental competente discrepan a los estimados por factores de emisión, como se presenta en Tabla 2.

TABLA 2. EMISIÓN DE CONTAMINANTES

Unidad	MP (kg/h)	SO _x (kg/h)	NO _x (kg/h)
PAIPA 1	50,87	736,94	183,22
	<u>705,29</u>	<u>344,46</u>	<u>110,55</u>
PAIPA 2	186,55	1214,76	223,99
	<u>1622,36</u>	<u>792,36</u>	<u>254,29</u>
PAIPA 3	215,45	995,91	NR
	<u>1377,69</u>	<u>672,86</u>	<u>172,75</u>
PAIPA 4	22,74	2177,49	452,27
	<u>2522,14</u>	<u>1231,82</u>	<u>263,55</u>
ZIPA 2	71,32	647,74	60,48
	<u>981,84</u>	<u>357,06</u>	<u>211,07</u>
ZIPA 3	135,74	798,36	113,78
	<u>1632,51</u>	<u>593,68</u>	<u>350,95</u>
ZIPA 4	25,57	576,81	78,85
	<u>1619,92</u>	<u>589,10</u>	<u>134,81</u>
ZIPA 5	130,21	855,63	125,82
	<u>1571,81</u>	<u>571,61</u>	<u>130,80</u>
PASAJERO	NR	NR	NR
	<u>1929</u>	<u>814,85</u>	<u>252,28</u>

Nota: los valores subrayados son los estimados y NR son aquellos que no reportan dato.

Estas unidades cumplen con los niveles de emisión actual de material particulado, como se presenta en la Tabla 3, y la altura de chimenea para emisión de óxidos de azufre, contemplados en el Decreto 02 de 1982.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS

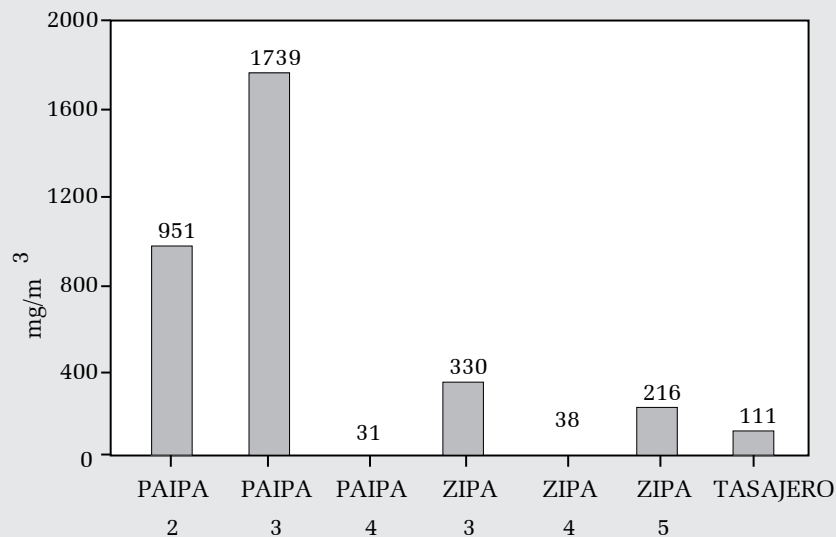
Unidad Térmica	Emisión Permisible (kg/10 ⁶ kcal)	Emisión de Partículas (kg/10 ⁶ kcal)
PAIPA 1	0,95	0,43
PAIPA 2	0,99	0,69
PAIPA 3	1,02	0,93
PAIPA 4	0,84	0,05
ZIPA 2	1,33	0,66
ZIPA 3	1,11	0,75
ZIPA 4	1,11	0,14
ZIPA 5	1,12	0,75
TASAJERO	0,82	0,06

Comparando la emisión con los estándares de la propuesta de norma para fuentes fijas la mayoría de las unidades excederían la emisión de los tres contaminantes establecidos. La unidad 2 de TermoZipa y 1 de TermoPaipa cuentan con una capacidad instalada de 35 y 30 MW, por ello no se tuvieron en cuenta en el desarrollo de métodos preventivos y correctivos, los cuales se presentan a continuación de acuerdo a cada contaminante.

MATERIAL PARTICULADO

En la Figura 1 se presenta la emisión de este contaminante y la comparación con la propuesta de norma, se plantearon dos escenarios para el cumplimiento de la propuesta de norma.

FIGURA 1. EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.



El primer escenario contempla la mejora del combustible, lográndolo con la mezcla del utilizado actualmente con uno de mejores características ambientales, es decir menor porcentaje de cenizas y de azufre, y además el mantenimiento preventivo de los precipitadores electrostáticos (PES) con los que cuentan actualmente, para las unidades 4 de TermoPaipa y la de Tasajero; con el solo cambio de combustible se po-

dría lograr el cumplimiento del estándar de este contaminante ya que los PES usados actualmente tienen alta eficiencia de remoción. El segundo escenario es la adquisición de un nuevo equipo de control, el cual sería un PES tipo placa alambre, siendo el recomendado para este sector (EPA, 1999). En la Tabla 4 se presentan los costos de inversión de cada uno de los escenarios.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

TABLA 4. COSTOS DE INVERSIÓN EN CADA ESCENARIO

Unidad	Escenario uno Millones u\$	Escenario dos Millones u\$
PAIPA 2	2,68	1,36
PAIPA 3	2,58	1,06
PAIPA 4	5,15	--
ZIPA 3	2,82	4,33
ZIPA 4	3,23	4,64
ZIPA 5	2,97	4,17
TASAJERO	0,49	--

El comportamiento de emisión de este contaminante y el estándar de emisión se presenta en la Figura 2.

En el primero se propone la instalación de quemadores de bajo NO_x y equipos de control de ser necesario, para la unidad de Tasajero no se contempla cambio de quemador, ya que actualmente cuentan con uno. El segundo escenario es la implementación exclusivamente de equipos de control (EPA, 2000) con mayores porcentajes de remoción.

FIGURA 2. EMISIÓN DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO

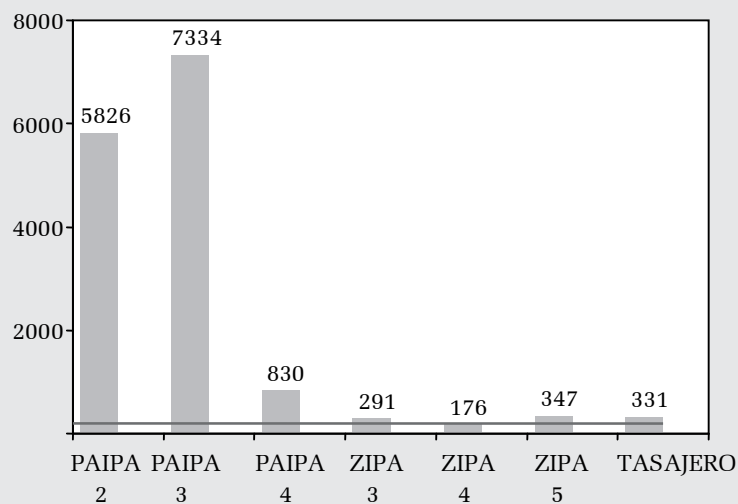
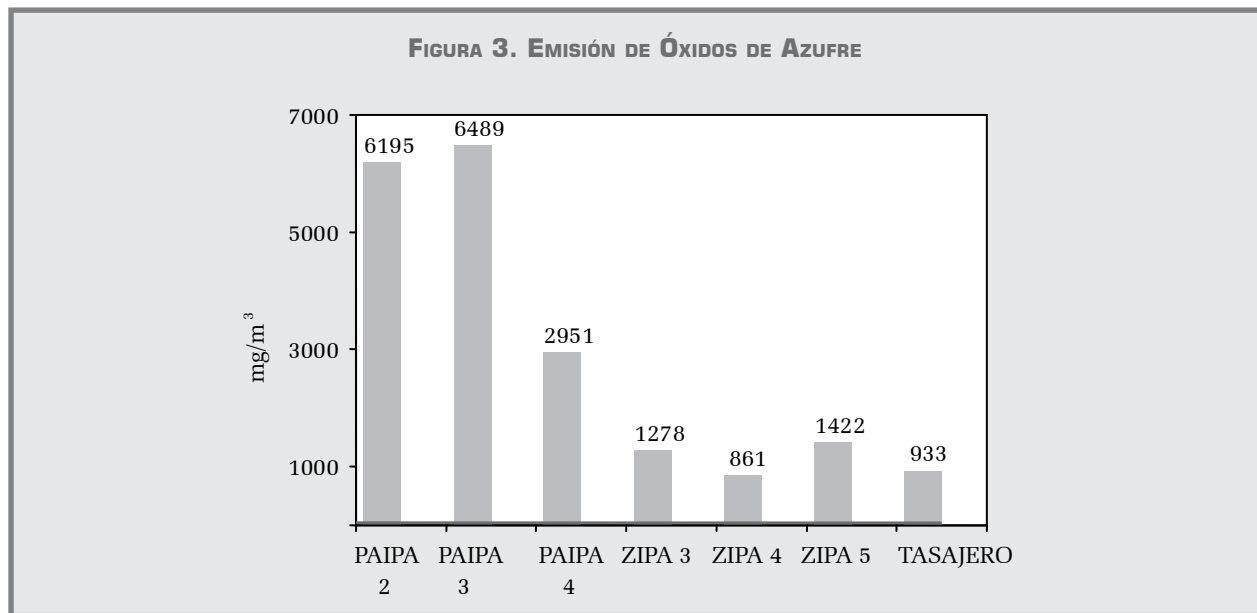


TABLA 5. COSTOS DE INVERSIÓN EN CADA ESCENARIO

Unidad	Escenario uno Millones u\$	Escenario dos Millones u\$
PAIPA 2	22,29	21,6
PAIPA 3	19,68	19,10
PAIPA 4	3,39	27,1
ZIPA 5	17,56	15,7
TASAJERO	--	1,3

ÓXIDOS DE AZUFRE

Para este contaminante se planteo un solo escenario ya que las emisiones de este son muy altas, por ello se propuso realizar la mejora del carbón y la implementación de un equipo de control.



Se optó por el uso de torres de absorción con reacción química de cal, ya que en ellas se alcanzan eficiencias de remoción hasta del 99,9% (EPA, 1997). Los costos de inversión y anuales se presentan a continuación.

TABLA 6. COSTOS DE INVERSIÓN Y DE REACTIVOS ANUAL.

Unidad	Costos de capital Millones u\$	Costo anual Millones u\$
PAIPA 2	4,36	9,93
PAIPA 3	3,41	7,77
PAIPA 4	16,40	37,36
ZIPA 3	13,89	31,63
ZIPA 4	14,89	33,91
ZIPA 5	13,37	30,46
TASAJERO	19,40	44,19

CONCLUSIONES

La evaluación de costos para el control de material particulado determina que, desde el punto de vista económico, el escenario uno tiene una mayor factibilidad, porque permite cumplir los límites máximos permisibles propuestos para este contaminante con

menores costos de inversión y además se benefician las emisiones de dos contaminantes.

Así mismo, los valores de emisión reportados para óxidos de azufre en las centrales termoeléctricas a carbón son mayores con respecto al estimado por factores de emisión establecidos por la EPA, es por ello necesario que en Colombia se establezcan los propios factores para cada contaminante.

Para el control de óxidos de nitrógeno el escenario uno es una alternativa viable ya que aunque sus costos de capital son muy cercanos a los del escenario dos, permiten el control de la formación de NO_x de manera preventiva y disminuyen las cantidades de material para el equipo de postcombustión.

Los costos de implementación de medidas de control para las centrales termoeléctricas a carbón son elevados, esto se debe a que los niveles de emisión son considerablemente altos y esto aumenta los costos de los equipos de control dado que se requieren altas eficiencias de remoción de los contaminantes.

Se recomienda al MAVDT revisar los límites planteados en la propuesta de norma nacional de emisión

para fuentes fijas, ya que los límites para material particulado y óxidos de azufre para las centrales termoeléctricas a carbón son demasiado exigentes, dichos valores deberían estar entre el rango de los

valores exigidos por países como México, Perú y Chile, puesto que son países con condiciones socioeconómicas similares a las de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

CONPES 3344. *Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire*. 2005.

Environmental Protection Agency. *Hoja de Datos-Tecnología de Control de contaminación del Aire para gases ácidos*.

Environmental Protection Agency. *Manual de costos del control de contaminación en el aire*. 2000.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Propuesta de Norma Nacional de emisión por fuentes fijas*, Versión de Mayo de 2007.

Ministerio de Salud. *Decreto 02 de 1982*.

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. *Plan de expansión de referencia Generación-Transmisión 2006-2020*. 2006

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. *La Cadena del Carbón*. 2005.

Environmental Protection Agency. *Manual de costos del control de contaminación en el aire*. 2000.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Propuesta de Norma Nacional de emisión por fuentes fijas*, Versión de mayo de 2007.

Ministerio de Salud. *Decreto 02 de 1982*.

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. *Plan de expansión de referencia Generación-Transmisión 2006-2020*. 2006

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. *La Cadena del Carbón*. 2005