

MEDICION DE EMISIONES DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO  
EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS Y CONTENIDO EN ATMOSFERA

H. Bajano (a), J.A. Moragues (b), A. Rapallini, C. Romero

Departamento Fuentes Renovables y Uso Racional de Energía  
Comisión Nacional de Energía Atómica  
Avda. del Libertador 8250, 1429 Buenos Aires

RESUMEN

A través de un Acuerdo con la Secretaría de Energía de la Nación, se ha iniciado un programa de medición de los gases y material particulado emitidos por las centrales termoeléctricas, así como de su contenido en atmósfera en un radio de hasta 20 km de distancia de la central y en la dirección de los vientos predominantes. En conjunto con expertos de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), se realizaron mediciones piloto en tres centrales, "Nuevo Puerto", Capital Federal, "Luján de Cuyo", prov. de Mendoza y "San Nicolás", San Nicolás, prov. de Bs.As., durante los meses de Julio y Agosto de 1993 período durante el cual las primeras centrales quemaban fuel-oil; la central de San Nicolás quema siempre aproximadamente un 85 % de carbón y un 15 % de fuel-oil o gas natural.

Se presenta una descripción del equipamiento utilizado, las mediciones realizadas en las centrales y en la atmósfera del área que las rodea y los resultados de aplicar modelos de dispersión. Se discuten los programas futuros de trabajo.

1.- INTRODUCCION

En la República Argentina existen Leyes, Decretos y Ordenanzas a nivel nacional, provincial y municipal que están vinculados con los problemas ambientales en general, muchas de las cuales son aplicables al caso de la generación de electricidad. En particular, son destacables los Manuales de gestión ambiental en aprovechamientos hidroenergéticos y en centrales térmicas convencionales (Resolución Secretaría de Energía N° 718/87 y Res. Secretaría Energía Eléctrica N°149/90), la ley de Evaluación de impacto ambiental en aprovechamientos hidroenergéticos (ley N°23.879/90) y las Resolución N° 154/93 de la Secretaría de Energía, todas a nivel nacional. De esta última se han resumido en la Tabla I los valores permitidos de emisión de gases y material particulado.

---

a. Miembro de la Carrera de Personal de Apoyo del CONICET.

b. Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

En lo referente al control del medio ambiente sobre gases y material particulado, valores que también limitan la emisión de las centrales, están vigentes la ley N° 20.284/73 a nivel nacional, el Decreto N° 2404/89 de la Provincia de Mendoza y las Ordenanzas de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires N° 33.387/77 y 39.025/83. Los valores establecidos en dichas normas están resumidos en la Tabla II.

La Secretaría de Energía de la Nación, a través del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE), inició en 1993 un programa de control de la emisión de gases y material particulado en las centrales. De acuerdo a la Res. 154/93, todas las centrales con potencia mayor de 50 MW deben instalar detectores automáticos continuos de concentración de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y de material particulado en cada una de las chimeneas principales. Para centrales de menor potencia, deben efectuar mediciones mensuales de concentración de dichas emisiones. Por otro lado, a través de un acuerdo entre la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional de Energía Atómica, este último organismo realizará un control periódico, a pedido del ENRE, de las emisiones de las centrales termoeléctricas bajo la jurisdicción del Ente.

## 2.- PROGRAMA CNEA-S.E.-JICA.

### MEDICIONES REALIZADAS.

Con fecha 26 de noviembre de 1992 se firmó un Acuerdo de cooperación técnica entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Secretaría de Energía de la Nación con el objeto de realizar: a) estudios de emisiones y descargas originadas en instalaciones de generación eléctrica, b) evaluaciones de indicadores de calidad ambiental en el área de influencia de las centrales, c) desarrollo de actividades de capacitación orientada a optimizar el manejo de equipos de vigilancia ambiental y el análisis de la información generada.

La Secretaría de Energía firmó, en la misma fecha, un Convenio con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), por el cual expertos Japoneses entrenarían a personal argentino en técnicas de medición de gases y material particulado, tanto del emitido por las centrales cuanto el contenido en el ambiente, y proveerían el equipamiento necesario. La Secretaría de Energía designó a la CNEA como contraparte técnica del Convenio antes mencionado.

El programa de trabajo está en ejecución. Se inició en marzo de 1993 con un seminario que tuvo lugar en la Sede Central de la CNEA. Las mediciones en las centrales pilotos y en el área que las rodea se realizaron en los meses de Julio y Agosto. Las mismas fueron seleccionadas por el tipo de combustibles que queman en esos meses; las Centrales Nuevo Puerto, ubicada en la Capital Federal y Luján de Cuyo, en la Prov. de Mendoza, utilizan fuel-oil, mientras que la Central San Nicolás, ubicada en la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, Prov. de Bs. As. quema una mezcla de aproximadamente 85 % de carbón y 15 % de fuel-oil. El resto del año se emplea gas natural en las dos primeras y una

mezcla de 85 % de carbón y 15 % de gas natural en la última. Además, las tres centrales se encuentran ubicadas en zonas con características geográficas y edilicias diferentes, lo cual permite analizar en condiciones distintas la influencia de sus emanaciones sobre el ambiente.

Se realizaron mediciones del contenido de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y material particulado en la atmósfera, en las regiones que rodean a las centrales, en las direcciones predominantes de los vientos, promediando a lo largo del año; los lugares seleccionados se encontraron ubicados hasta una distancia de 25 km de la central. Para las Centrales Luján de Cuyo y San Nicolás se midieron, además, un punto en la dirección opuesta a los vientos predominantes.

Los resultados de las mediciones de la concentración de gases y material particulado emitidos por las chimeneas de las centrales, así como el contenido en la atmósfera en la región que rodea a las mismas, forman parte de un informe que el grupo de expertos japoneses están preparando, con participación de la contraparte argentina, y será presentado en un seminario que tendrá lugar en Buenos Aires en el mes de marzo de 1994, dándose así por concluido el Convenio S.E.-JICA.

### 3.- CAPACIDAD Y EQUIPAMIENTO DISPONIBLE

La CNEA está en condiciones de determinar cuantitativamente el contenido de óxidos de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y del material particulado que sale por la chimenea cuando se quema combustibles de origen fósil (fuel-oil, gas, carbón). Asimismo, se dispone de todo el equipamiento necesario para medir el contenido de dichos componentes en la atmósfera y, a través de un programa de cálculo de dispersión de los gases de chimenea, determinar cómo influyen estas emisiones en la contaminación ambiental en zonas aledañas.

Los equipos disponibles son los siguientes

#### 3.1.- PARA GASES DE CHIMENEA

Para las mediciones de gases y material particulado en chimenea se dispone de dos métodos:

##### 3.1.1.- METODO POR ANALISIS QUIMICO

Para el análisis químico propiamente dicho se emplean los siguientes métodos

##### 3.1.1.1.- $\text{SO}_2$ : Método por titulación de precipitado

Determina  $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$

Los óxidos de azufre en el gas de chimenea son absorbidos por el peróxido de hidrógeno formando ácido sulfúrico. Este reacciona con el acetato de Ba formando precipitado de sulfato de Ba que a través otras reacciones se convierte en acetato

de Ba. La concentración de óxidos de azufre se calcula a partir de la cantidad de acetato de Ba titulado.

3.1.1.2.- NO<sub>x</sub>: Método Zn-NEDA  
Determina NO y NO<sub>2</sub>

Los óxidos de nitrógeno contenidos en una muestra de gas son absorbidos en un líquido especial en presencia de ozono, convirtiéndose en ion nitrato. Estos se reducen a ion nitrito con zinc metálico, que luego reaccionan con sulfanilamida y naftil-etilen-diamina. Con un espectrofotómetro se mide la absorbancia del líquido luminoso, azo dye, en la longitud de onda de 545 nm, y se determina la concentración de óxidos de nitrógeno, medida como NO<sub>2</sub>.

3.1.1.3.- Material Particulado: Método JIS Z 8808

Se extrae el gas para tomar la muestra a la misma velocidad que circula por la chimenea, y se lo hace pasar por un filtro previamente tarado. Se calcula la concentración promedio de material particulado en toda la sección de chimenea; para ello es necesario medir en varios puntos de la sección de la chimenea temperatura del gas, cantidad de agua, presión estática y dinámica, caudal volumétrico y velocidad del gas en la chimenea. Las muestras se toman con una "lanza" que en el extremo tiene un tubo pitot para medir la velocidad del gas, usada para realizar la toma isocinética de la muestra; es necesario conocer, además, el contenido de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO en el gas de chimenea, los que se determinan con el método Orsat.

3.1.1.4.- Toma de muestras

Tanto para SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> como para el material particulado, la toma de muestras se realiza con un equipo Okano Works Ltd, modelo Dustac Sampler ESA-302CT-20N, para ajustar todas las condiciones requeridas por la norma japonesa

3.1.2.- METODO AUTOMATICO CONTINUO

3.1.2.1.- Equipos SHIMADZU IRA-107 y NOA 7000

SO<sub>2</sub>:

a) Método de absorción infrarrojo

El SO<sub>2</sub> absorbe radiación infrarroja a 7.300 nm de longitud de onda.

Se utiliza un analizador de gas infrarrojo tipo no dispersivo, en nuestro caso Marca Shimadzu Corporation, modelo IRA 107

## NO<sub>x</sub> y O<sub>2</sub>:

Se emplea un equipo Marca Shimadzu Corporation, modelo NOA-7000, a través de dos métodos diferentes:

- a) Método de Quimiluminiscencia, para medir la cantidad de NO<sub>x</sub>.
- b) Método de Zirconio, para medir la cantidad de O<sub>2</sub>.

### 3.1.2.2.- Analizador de gas marca MSI Electronik GmbH, modelo 2000

El equipo basa su medición en un método electroquímico, que permite determinar el contenido de SO<sub>2</sub> y NO.

### 3.1.2.3.- Material particulado

Se emplea el método de dispersión de luz en el infrarrojo cercano. La cantidad de luz dispersada por el material particulado de las mismas propiedades físicas, es proporcional a la concentración del mismo. En el equipo, marca Sibata Scientific Technology Ltd., modelo AP-710N, se generan rayos en el infrarrojo cercano con láser semiconductor, los cuales son transmitidos hasta la cabeza del detector por fibras ópticas; los rayos dispersados son enviados por fibras ópticas al equipo central donde se realiza el análisis de la información.

## 3.2.- PARA GASES DE AMBIENTE

Para las mediciones de gases (SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>) y material particulado en el ambiente se utilizan dos métodos:

### 3.2.1.- METODO POR ANALISIS QUIMICO

Para el Análisis Químico propiamente dicho se emplean los siguientes métodos:

#### 3.2.1.1.- SO<sub>2</sub>: Método Pararosaniline

El SO<sub>2</sub> del aire reacciona con la solución y forma un complejo monoclorosulfonatomercurato, el cual reacciona con otros componentes formando un ácido pararosaline methyl sulfonic. Se mide la densidad óptica de este último compuesto por medición de absorbancia en un espectrofotómetro (a 548 nm) y se relaciona directamente con la cantidad de SO<sub>2</sub> colectado.

#### 3.2.1.2.- NO<sub>x</sub>: Método Saltzman

El NO<sub>2</sub> del aire es convertido en ion nitrito en la solución absorbente que reacciona con el reactivo correspondiente formando un azo dye de color rosado profundo, que es medido colorimétricamente, igual que para el SO<sub>2</sub>.

### 3.2.1.3.- Material Particulado: Método Gravimétrico para gran volumen

Se pesa la cantidad de material particulado juntado en el filtro, previamente tarado y, conocido el volumen de aire, se determina los  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.2.1.4.- Equipos de toma de muestras

En todos los casos se deben obtener las muestras, midiendo durante 24 horas, variando el equipo empleado según sea el componente que se quiere medir.

#### SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>:

El sistema para tomar muestras consiste en un burbujeador y una bomba de absorción. El aire se bombea con un sistema compuesto por una bomba, un timer y un sistema de control del flujo (marca Sibata modelo S-601; Mini Pump MP-602 T Code 8086-602).

#### Material particulado:

El equipo tomador de muestras, marca Sibata HVC-1000, consiste en:  
a) filtro de fibra de vidrio, porosidad 0,8-2  $\mu\text{m}$ , b) dispositivo para medición de caudal, c) termómetro, barómetro (500-800 mm Hg) y bomba (con flujo constante entre 1,1 y 1,7  $\text{m}^3/\text{min}$ ).

### 3.2.2.- METODO AUTOMATICO CONTINUO

#### 3.2.2.1.- SO<sub>2</sub>: Método Fluorometría Ultravioleta

Se utiliza un equipo Horiba Ltd., modelo APSA-350E

#### 3.2.2.2.- NO<sub>x</sub>: Método Quemiluminiscencia (JIS)

Se utiliza un equipo Horiba Ltd., modelo APNA-350E

#### 3.2.2.3.- Material Particulado:

Se dispone de dos equipos que funcionan sobre el principio de absorción  $\beta$

a) Equipo Sibata Scientific Technology Ltd., modelo BAM-102S.

b) Equipo marca Horiba Ltd., modelo APDA-350E.

### 3.3.- MODELOS DE SIMULACION DE DISPERSION DE GASES EN ATMOSFERA

Simultáneamente con las mediciones antes mencionadas, se pusieron operativo dos programas que permiten modelar la dispersión de los gases de chimenea y evaluar la contribución de

los mismos en los diferentes puntos donde se hicieron mediciones ambientales, en las áreas que rodean las centrales. El modelo utilizado es el conocido como ISC (Industrial Source Model) que es el estándar de la Agencia EPA (Environmental Source Model) de los EE.UU. El modelo ISC puede tratar una variedad de fuentes en una sola simulación empleando datos meteorológicos reales que consisten, típicamente, en mediciones horarias de velocidad y dirección de viento, estabilidad atmosférica y temperatura, realizadas a lo largo del año. El modelo existe en dos versiones ISCST, corto plazo, y ISCLT, largo plazo. El detalle de los mismos se discuten en Ref. [1]. En las Figuras 1 y 2 se muestran resultados típicos del análisis.

#### 3.4.- RESULTADOS

Dado que las mediciones se realizaron dentro de un convenio con Secretaría de Energía y en centrales privadas (Nuevo Puerto y San Nicolas) o en trámite de privatización (Lujan de Cuyo), no es posible publicar los resultados obtenidos. Además, como mencionamos en la Sección 2, el Programa recién se dará por terminado en el mes de marzo de 1994.

En términos generales podemos decir que los resultados de las mediciones en chimenea están dentro de los límites esperados. Por otro lado, las mediciones de las contaminaciones que se observan en las regiones alrededor de las centrales indican que son primordialmente debidas a otras fuentes.

Cabe destacar que los trabajos realizados permitieron confrontar por primera vez, los límites impuestos por Secretaría de Energía (Tabla I) con valores reales de emisión de las centrales, lo que permitió tener un panorama real de las condiciones en que estas están operando.

#### 4.- TRABAJOS FUTUROS

En el Convenio firmado entre la CNEA y la Secretaría de Energía antes mencionado, se especifica en el Art. 2° que "la CNEA se compromete realizar .... las mediciones que el ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD (ENRE) considere necesario para el control del cumplimiento, por parte de los responsables de las centrales eléctricas de las normas que establezca la S.E.". Al respecto, el ENRE ha solicitado un programa de medición de 34 centrales, con un total de 110 chimeneas, el cual significa, entre tiempo de viaje y medición, 305 días de trabajo por año. Asimismo, se han recibido solicitud de numerosas industrias interesadas en la determinación cuantitativa de sus emisiones por chimenea.

#### 5.- CONCLUSIONES

La Argentina firmó los compromisos de la reunión de Río de Janeiro de 1992 organizada por las Naciones Unidas, donde existen pautas de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Cabe destacar que el cumplimiento de dichas pautas

significan para países como Argentina producir modificaciones en sus estructuras productivas en un período muy corto de tiempo, sobre todo si se lo compara con los países industrializados que vienen implementado políticas ambientales al menos desde 1972. Esto debe analizarse dentro del contexto que, a nivel mundial, Argentina contribuye en términos generales sólo con el 0,5 % a la contaminación ambiental global debido al quemado de hidrocarburos, lo que debería priorizar, sin dejar de lado las políticas ambientales, el desarrollo del país aún cuando se incremente la emisión de contaminantes. Todo ello debe valer también para el caso de las centrales térmicas. Debe tenerse presente que el hecho de quemar gas natural en las centrales térmicas durante 10 meses del año reduce la emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de energía, así como la emisión de SO<sub>2</sub> por el bajo contenido de azufre en el gas.

El programa en marcha de control de las emisiones de gases y material particulado en las centrales térmicas convencionales que queman hidrocarburo, permite realizar un control cuantitativo tanto de la calidad del hidrocarburo que se utiliza, como del funcionamiento de la central, así como de la configuración de los quemadores, dado que la emisión de NO<sub>x</sub> depende de la misma.

#### REFERENCIAS

- [1] "Evaluación del impacto ambiental asociado a la emanación de efluentes gaseosos de centrales termoeléctricas". L.E. Dawidowski, D.R.Gomez y S.L.Reich. 16° Reunión de trabajo de ASADES, La Plata, 1993.

**TABLA I: LIMITES DE EMISIONES DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO EN CENTRALES TERMICAS EN ARGENTINA (a)**

SO <sub>2</sub> :	≤ 1.700 mg/m <sup>3</sup>	para quemado de Fuel-Oil y Carbón
Material Particulado:	≤ 6 mg/m <sup>3</sup> ≤ 120 mg/m <sup>3</sup> ≤ 140 mg/m <sup>3</sup>	para quemado de Gas Natural para quemado de Carbón para quemado de Fuel Oil (b)
NO <sub>x</sub> :	No se dan Valores	

(a): Resolución Secretaría de Energía N° 154/93

(b): Para Centrales sin empleo de precipitador o manga antes del ingreso a Chimenea.

**TABLA II: NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD DE AIRE**

	NACIONAL (1)			BUENOS AIRES (2)		MENDOZA (3)	
	Nivel Normal ppm - hora	Alerta ppm - hora	Alarma ppm - hora	Emergencia ppm - hora	Nivel Normal mg/m3 Corto Plazo	Nivel Normal µg/m3 - hora	Alerta ppm - hora
CO	10 - 8 50 - 1	15 - 8 100 - 1	30 - 8 120 - 1	50 - 8 150 - 1	15	10 mg/m3 - 8 40 mg/m3 - 1	7 - 8 36 - 1
NOx	0.45 - 1	0.6 - 1 0.15 - 24	1.2 - 1 0.3 - 24	0.4 - 24	0.4		0.051 - 1 año 0.10 - 24
SO2	0.03 ppm (70 µg/m3) Promedio mensual	1 - 1, 0.3 - 8	5 - 1	0.10 - 1	0.5		80 - 8 260 - 1
O3 (4)	0.10 - 1	0.15 - 1	0.25 - 1	0.40 - 1	0.1		125 - 1 0.06 - 1
Material Particulado en Suspensión	(150 µg/m3) Promedio Mensual	N.A. (5)	N.A.	N.A.	0.500		100 - 30 días 260 - 24
Material Particulado Sedimentable		N.A.	N.A.	N.A.	1.0		1000 - 30 días
Plomo					0.01		10 - 30 días
Hidrocarburos 1) Sin Metano 2) Totales							1) 0.19 - 3 2) 160 - 3

(1) Ley 20.284 / 73

(2) Ordenanza M.C.B.A. 39.025 / 83 , 33.387 / 77

(3) Decreto Nº 2404 / 89

(4) y Oxidantes fotoquímicos en general

(5) No Aplicable

SO2: 10 mg / m3 = 3.8 ppm

CO: 10 mg / m3 = 8 ppm

NOx: 10 mg / m3 = 5.3 ppm