

## **ANALISIS ENERGETICO AMBIENTAL DEL USO DE COMBUSTIBLES EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS INDUSTRIAS**

C.A.García Ebbens-L.N.Leanza-J.R.Parente-N.S.Odomez-O.E.Nemer

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL DELTA

CENTRO DE ENERGIA Y AMBIENTE

San Martín 1171 - (2804) Campana - Buenos Aires - Argentina

T.E./Fax : 54-0489-20249/20400/22018/37617

E-mail: garebb@Deltanet.com.ar

### **RESUMEN**

El presente trabajo investiga sobre la situación energética y ambiental asociada generada por el uso de combustibles en las pequeñas y medianas industrias. En base a un total de 52 empresas evaluadas en un semicírculo de unos 50 kilómetros de radio se diagnosticó un ahorro potencial de combustible de 20,8 % considerando mejoras en la combustión y en la distribución de vapor. Como consecuencia directa resulta un ahorro monetario, un mejor uso de los recursos no renovables y una incidencia ambiental importante ya que disminuyen las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre (para combustibles azufrados). Considerando que las proyecciones pronostican un mayor consumo de combustibles es importante que se lo haga racionalmente a fin de atenuar sus consecuencias adversas.

### **OBJETIVO**

Las industrias tienen algunos inconvenientes en la utilización de combustibles ya sea para producir vapor o para calentamiento; estos inconvenientes se resumen en un uso no racional de la energía que generalmente está asociada a una falta de conciencia y esencialmente a ausencia de legislación adecuada.

En el caso de pequeñas y medianas industrias las menores posibilidades tecnológicas agravan aún más esta situación; hemos realizado un relevamiento de una importante cantidad de estas pequeñas y medianas industrias de nuestra zona de influencia con el objetivo de conocer este uso inadecuado con datos fehacientes, y a la vista de los mismos poder realizar un análisis energético y ambiental.

En síntesis nuestro trabajo quiere contribuir a las mejoras que se pueden lograr cuando se usan los combustibles en forma racional: preservación de combustibles no renovables, ahorro monetario por el menor uso de combustibles, y contribución a la disminución de la contaminación atmosférica.

### **FUNDAMENTOS**

Cuando se adquiere una verdadera conciencia que el uso racional de los combustibles trae aparejada sensibles disminuciones de costos y aportes al medio ambiente, no se pueden pasar por alto todas aquellas mejoras que sin inversiones o con muy poca puedan contribuir.

Si en base a este razonamiento se hiciera hincapié en aquellos servicios comunes a la mayoría de las industrias se podría comprender la factibilidad de estos logros; en consecuencia se debe prestar especial atención a la eficiencia de la combustión y a la distribución de vapor.

La combustión es una reacción rápida de oxidación que tiene lugar entre un combustible y el oxígeno del aire en la que se libera una gran cantidad de calor; para lograr que esta reacción se desarrolle eficientemente se debe proporcionar una cantidad de aire en exceso al estequiométricamente necesario pero si dicha cantidad es por demás excesiva la reacción deja de ser eficiente, y tanto menos lo será en la medida que se incremente dicho exceso.

Por otro lado la temperatura de salida de los humos de la combustión, por razones de preservación de equipos, no debe ser inferior al punto de rocío ácido, pero en la medida que se incremente esta temperatura contribuirá a una merma en eficiencia del equipo generador de calor.

Cuando el equipo generador de calor es una caldera el vapor producido debe ser distribuido y el condensado resultante devuelto; en la medida que no se lo haga correctamente disminuirá la eficiencia global del sistema de distribución de vapor.

Todas estas posibilidades de menor eficiencia se traducen en un uso no racional de los combustibles obligando a un mayor consumo lo que trae aparejado el incremento de costos y el incremento en problemas ambientales.

Considerando que nuestra zona de influencia está ubicada en un importante conglomerado industrial y con posibilidades de mayor crecimiento dada su ubicación privilegiada en lo que respecta al Mercosur, el análisis energético ambiental adquiere mayor relevancia.

## METODOLOGIA

Los relevamientos fueron realizados en un total de 52 pequeñas y medianas industrias distribuidas en un semicírculo de unos 50 kilómetros de radio abarcando como principales distritos los Partidos de Campana, Zárate, Escobar y Pilar.

En estas industrias se realizaron mediciones en un total de setenta y cinco (75) equipos de los cuales cincuenta y cinco (55) eran calderas de producción de vapor y los veinte (20) restantes hornos de calentamiento.

Respecto a las calderas la mayoría de ellas eran humotubulares y presión de trabajo entre cinco (5) y diez (10) kgf/cm<sup>2</sup> de presión.

Durante la inspección aproximadamente la mitad de los equipos utilizaban como combustible Gas Natural y la otra mitad Gas Oil, Fuel Oil o mezcla de ambos.

El consumo anual de combustible informado por las empresas fue de 32760 toneladas equivalentes de petróleo (T.E.P.) que resultan de reducir el poder calorífico de cada combustible a un poder calorífico inferior de diez mil (10000) kilocalorías por kilogramo de combustible (petróleo crudo).

Las empresas diagnosticadas responden a distintos rubros, siendo los principales: productos químicos, celulosa y papel, cerámica, alimentos balanceados, textil, alimenticio, plástico y otros.

## RESULTADOS

El ahorro potencial de energía total obtenido fue de 20.8 %, que considerando el consumo anual de estas empresas representa la posibilidad de disminuir el consumo en 6813 T.E.P. anuales. Para el caso de calderas dicho ahorro es de 6125 T.E.P. que representa el 25,4 % del combustible utilizado en estos equipos. En la tabla No. 1 se puede apreciar las posibilidades potenciales de ahorro en calderas.

Tabla No. 1. Ahorros potenciales por uso racional de combustible ( expresado como promedio por caldera )

PORCENTAJE	T.E.P.	\$	MEJORA POSIBLE
7,2	31,6	9904	Excesivo exceso de aire y alta temperatura de los gases de escape
3,1	13,6	4263	Ausencia o mal funcionamiento de trampas de vapor
6,8	29,8	9340	Pérdidas de calor por ausencia total o parcial de aislación en cañerías
4,8	21,0	6582	Pérdidas de calor por fugas de vapor vivo
1,9	8,3	2601	Retorno parcial o total del condensado
1,6	7,0	2194	Incremento de la eficiencia de la caldera (Agua de alimentación, purgas, etc)
<b>25,4</b>	<b>111,3</b>	<b>34884</b>	<b>TOTAL</b>

Las mediciones de temperatura y composición de humos de combustión se realizaron con un equipo digital marca Teledyne Max 5, dotado de sensores electroquímicos; para el cálculo de ahorro de combustible se utilizaron gráficos que relacionan exceso de aire, temperaturas de humos y ahorro potencial para cada tipo de combustible (1).

Las evaluaciones del funcionamiento de trampas de vapor se realizaron por medición de temperatura con termocuplas adaptados a tal efecto y cálculos posteriores (1).

Las pérdidas de calor por falta de aislación se evaluaron por medio de gráficos que incluyen toneladas de vapor perdidas en función de presión de operación del vapor, diámetros y longitud de cañerías (1).

El calor perdido por fugas de vapor vivo se calculó en base a las alturas de penachos de vapor (1), y las pérdidas por la falta de retorno de condensado se basaron en mediciones de caudal y posteriores cálculos.

Los cálculos en el incremento de eficiencia de calderas se basaron en el tratamiento y precalentamiento del agua de alimentación y la frecuencia y cantidad de purgas (2).

Los excesos de aire medidos en los gases de escape de los distintos equipos de calor dan como resultado que más de un 80 % de los mismos son ampliamente superiores a los límites teóricos indicados según el tipo de combustible; para el gas natural dicho exceso no debería superar el 10 % y para el fuel oil y gas oil el 20 %. Haciendo una clasificación un tanto arbitraria se puede observar en la Tabla No. 2 la operación de los equipos en función del exceso de aire, y en la Tabla No. 3 se pueden observar los excesos de aire para los equipos cuya operación se considera mala.

Tabla Nro.2 - Excesos de aire detectados en hornos y calderas

OPERACION	% EXCESO DE AIRE	CANTIDAD EQUIPOS	% EQUIPOS
Excelente	20/25	2	2,7
Buena	25/35	2	2,7
Regular	35/45	9	12,0
Mala	> 45	62	82,6

Tabla Nro.3- Excesos de aire detectados en calderas y hornos cuya operación se considera mala

% EXCESO DE AIRE	CANTIDAD DE EQUIPOS	% EQUIPOS
50 / 100	43	69,3
100 / 200	15	24,2
> 200	4	6,5

Respecto a las temperaturas medidas en los humos de escape, considerando que las mismas deben ser superiores al punto de rocío ácido para evitar la corrosión estimándose en 140 °C esta temperatura se ha encontrado que el 100 % de los equipos cumple con esta condición pero los valores están muy por encima de ésta ocasionando excesos en el consumo de combustibles.

Si bien en el caso del fuel oil y el gas oil, por ser azufrados, el problema de rocío ácido es de mayor gravedad, consideraremos que también el gas natural debe cumplir este requisito. En la tabla No. 4 se pueden apreciar los valores de temperatura que han sido medidos.

Tabla No. 4. Temperatura medida en los humos de combustión

Temperatura (°C)	Cantidad de Equipos	%
< 160	Ninguno	0,00
160/250	27	36,00
250/350	23	30,70
>350	25	33,30
Total	75	100,00

Nota: En las Tablas No. 2, 3 y 4 los valores límites se incluyen como superiores.

Para el análisis ambiental se han considerado los siguientes contaminantes atmosféricos: dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos libres.

El instrumento utilizado sólo tiene la posibilidad de medir los dos últimos por lo que hemos realizado un análisis estequiométrico para los restantes, salvo el caso de óxidos de nitrógeno que se evaluaron en función de referencias bibliográficas (3). Se consideraron 280 días de trabajo anuales conforme al promedio obtenido de datos reales otorgados por las distintas empresas.

*Dióxido de Carbono:* Se produce por combustión completa de sustancias que contienen carbono en sus moléculas; si bien es tóxico lo es en mucha menor proporción que el monóxido de carbono pero su presencia trae como consecuencia un incremento paulatino en la temperatura media del planeta (efecto invernadero) y así un aumento en el nivel de los mares. En nuestro caso considerando las 52 empresas y el ahorro potencial de combustible se dejarían de emitir 18340 toneladas anuales.

*Dióxido de Azufre:* Se produce cuando se utilizan combustibles que contienen azufre; en forma directa afecta las vías respiratorias e indirectamente cuando en presencia del oxígeno del aire, la humedad del ambiente y con el efecto de la luz se convierte en ácido sulfúrico generando de ese modo las lluvias ácidas que tienen efectos adversos en los medios biótico y abiótico. El proceso de formación de rocío ácido se ve favorecido cuando se emplean excesos de aire elevados, tal como ocurre en la gran mayoría de los equipos que se han evaluado. Para nuestro caso sólo se han considerado los combustibles azufrados como fuel oil y gas oil obteniendo un exceso de 113 toneladas anuales.

*Oxidos de Nitrógeno:* Se producen tanto a partir de combustibles que contienen nitrógeno como también mediante un proceso llamado "fijación de nitrógeno"; en este caso el nitrógeno del aire utilizado en la combustión se "fija" en forma de un óxido de nitrógeno durante el proceso. El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son los más preocupantes y en general se estudian como NO<sub>x</sub> cuya formación se ve favorecida por altas temperaturas. Son uno de los principales responsables de la formación de ozono. Tanto éste como los óxidos de nitrógeno actúan sobre la salud humana afectando las vías respiratorias teniendo un efecto letal en muy pequeñas concentraciones. También contribuyen a las lluvias ácidas con la formación de ácido nítrico. Consultada la bibliografía, según diversos estudios realizados para el uso de combustibles en calderas u hornos, las emisiones normales de NO<sub>x</sub> consideradas como NO<sub>2</sub> oscilan entre 3 kg. y 7 kg. por tonelada de gas natural y entre 9 kg. y 15 kg. de NO<sub>2</sub> por tonelada de fuel oil (3).

Adoptando el valor medio para cada combustible (consideramos el gas oil como fuel oil) se emiten anualmente un exceso de 51 toneladas de NO<sub>2</sub>.

**Monóxido de Carbono:** Deriva de la combustión incompleta de los hidrocarburos y es directamente tóxico, ya que reacciona irreversiblemente con la hemoglobina de la sangre, impidiendo de esta manera que la misma transporte el oxígeno imprescindible para el funcionamiento celular. En la atmósfera interviene activamente en la formación de ozono.

Para nuestro caso de las 75 chimeneas evaluadas solamente 5 de ellas estuvieron por encima del nivel guía establecido para fuentes fijas industriales ( 100 mg/Nm<sup>3</sup> para gas natural y 175 mg/Nm<sup>3</sup> para combustibles líquidos ) por lo que se puede apreciar que el hecho de utilizar un gran exceso de aire favorece la combustión completa e impide la emisión de este contaminante en concentraciones importantes.

**Hidrocarburos libres:** Los más peligrosos son los aromáticos pues son cancerígenos, y que al igual que las partículas sólidas y líquidas, son sumamente peligrosas desde el punto de vista de la salud humana. Para nuestro caso no hemos detectado esta anomalía dado el exceso de aire que se utiliza para la combustión; solo se detectaron vestigios.

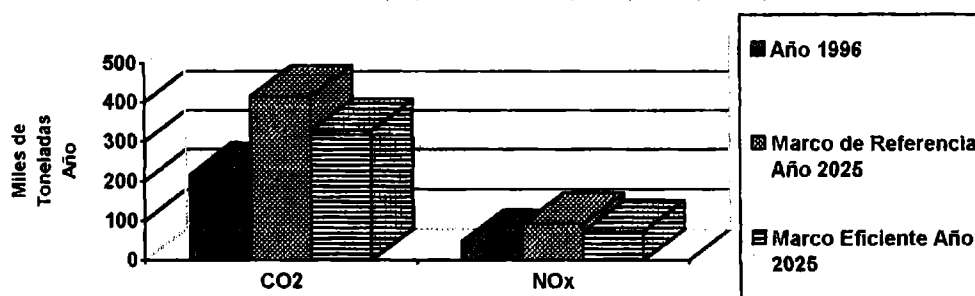
Considerando que el 90 % de posibilidad de ahorro proviene de los equipos generadores de calor la disminución de contaminantes expresados como Kg. diarios por caldera serían de : 1072 Kg. de CO<sub>2</sub>, 2,9 Kg. de NO<sub>x</sub> y 13,1 Kg. de SO<sub>2</sub> (para este caso, para el promedio, solo se consideraron los equipos que utilizan Gas-Oil y Fuel-Oil)

## CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo se ha podido observar que los procesos de combustión se llevan a cabo con un exceso de aire promedio de 100 % superando con amplitud el 20 % indicado. Además el calor de los humos de escape no es recuperado por lo que son excesivas las temperaturas de salida. Por otro lado es factible de observar que no se tienen mayormente en cuenta las pérdidas de calor aún las fácilmente evitables. Todo esto hace que se emplee más combustible que el verdaderamente necesario generando un gasto adicional de recursos no renovables, pérdida de dinero y además una contribución en desmedro del ambiente.

Considerando que en el área de Capital Federal y Gran Bs.As. se consumen actualmente aproximadamente 6500000 TEP anuales, sin considerar energía eléctrica (4), en base a proyecciones para el año 2025 para América Latina (5), se puede observar en el cuadro Nro. 5 las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> calculadas para ese año tomando como referencia las actuales condiciones y suponiendo una eficiencia energética de la magnitud de nuestro estudio.

Cuadro Nro.5 -Emisiones proyectadas de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para Cap. Fed. y Gran Bs. As.



En esta misma área el ahorro de recursos no renovables actualmente sería de 1300000 TEP anuales, lo que representa aproximadamente 400 millones de pesos o sea casi 5 veces el actual presupuesto de la Universidad Tecnológica Nacional y representa el consumo energético del sector residencial correspondiente a 6 meses incluido el consumo eléctrico.

Sin dudas las cifras ambientales, las energéticas y las económicas son lo suficientemente importantes como para tomar verdadera conciencia de la necesidad de consumir racionalmente y atenuar así los impactos adversos.

## REFERENCIAS

- (1) MANUAL DE AHORRO Y CONSERVACION DE ENERGIA, Corporación de Fomento de la Producción, Instituto de Investigaciones Tecnológicas INTEC, Chile, 1980.-
- (2) USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN CALDERAS Y REDES DE FLUIDO, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España, 1990.
- (3) AIR POLLUTION CONTROL, W.L.Faith, John Wiley & Sons, Inc., N. York, 1959
- (4) INFORME DE COYUNTURA DEL SECTOR ENERGETICO - Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi", 1996.
- (5) ENERGY EFFICIENCY, DEVELOPING NATION AND EASTERN EUROPE - A Report to the U.S. Working Group on Global Energy Efficiency- International Institute for Energy Conservation, 1991.