

Caracterización del uso de la energía en un agrupamiento industrial de la ciudad de Barranquilla

Juan Carlos Campos^{*a b}, Omar Prías^{a c}, Lourdes Meriño^a, Inés Charris^b,
Edgar Lora^a, Zully Correa^a, Francisco Riaño^a

(a) Universidad del Atlántico, Colombia

(b) Energía Eficiente, Colombia

(c) Empresas de Acueducto de Bogotá, Colombia

* jcampos@e2energiaeficiente.com

(Recibido: Junio 30 de 2006 - Aceptado: Octubre 6 de 2006)

RESUMEN

El trabajo presenta los resultados de la aplicación de una tecnología de caracterización energética en nueve empresas de la ciudad de Barranquilla, de diferentes subsectores productivos, entre los que se incluyen: alimentos, textil, papel, servicios, químicos, plásticos y fibrocementos, con el fin de determinar el grado de control del consumo energético y obtener el potencial de ahorro que es posible recuperar a nivel de empresa y a nivel de grupo por la vía de la gestión energética. Se presenta la clasificación de los potenciales de ahorro obtenidos según portador energético (energía eléctrica y gas natural) y según acciones (planeación de la producción y reducción de la energía no asociada a la producción). En términos cuantitativos, el potencial económico identificado recuperable, sin efectuar inversiones en tecnología, es de \$1.360'000.000 anuales.

PALABRAS CLAVE: Agrupamiento industrial, Ahorro energético, Caracterización Energética, Eficiencia Energética, Uso final de la energía

Characterization of energy use in an Industrial Grouping in the city of Barranquilla

ABSTRACT

This work presents the results of a technology of energetic characterization application in 9 companies in the city of Barranquilla from different productive sub-sectors, among which are included: foods, textiles, paper, utility services, chemicals, plastics, and fibro-cements to determine the degree of energy consumption control and to obtain the potential savings that can be recovered at the company level and at the group level through energy management. We present the classification of the potentials savings obtained according to the energy carrier (electric energy and natural gas) and according to actions (production planning and reduction of energy not associated to production). In quantitative terms, the economic potential identified as recoverable is of \$1,360,000,000 colombian pesos per year.

KEYWORDS Industrial grouping, Energy savings, Energy characterization, Energy efficiency, Final use of energy

1. INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la competitividad en el sector industrial ha llevado a los empresarios a buscar alternativas en la reducción de costos de producción y en la eficiencia de los procesos. En este sentido, las empresas han tomado conciencia de la importancia de efectuar mejoras asociadas a proyectos de uso eficiente de la energía, implementando herramientas como la caracterización energética que les brindan información necesaria en la evaluación de sus consumos energéticos. De igual manera, para que los procesos sean aún más eficientes ha surgido una concepción nueva de gestión integral energética [1], la cual incluye los factores de gestión tecnológica y gestión ambiental asociados a la compra, almacenamiento, transformación, distribución y uso final de la energía a nivel de empresa y de agrupamiento industrial.

Debido a que el sector industrial es uno de los sectores de mayor consumo de energía, el presente trabajo ha tomado empresas de este sector de la ciudad de Barranquilla, en las cuales el deseo de implementar sistemas de uso racional de la energía es el común denominador. Las empresas objetivo se encuentran asociadas a la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) Capítulo Barranquilla, la cual se mostró muy interesada en que sus asociados implementaran esta metodología que les permitiera obtener beneficios en cuanto al mejoramiento de su productividad y competitividad.

En el desarrollo del presente trabajo se tomaron nueve empresas que conforman el agrupamiento piloto. Los resultados aquí entregados, corresponden al comportamiento de cada una de las empresas dentro de un agrupamiento en cuanto a: consumo de energía asociado y no asociado a la producción, identificación de áreas y equipos mayores consumidores, y la relación del estado tecnológico asociado al uso de la energía.

Cabe anotar que la caracterización inicial correspondiente a energía eléctrica y térmica de estas empresas, fue realizada por un grupo de estudiantes investigadores miembros del grupo de Gestión Eficiente de Energía (Kaí) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico, quienes realizaron una pasantía en las mismas, entregando un informe donde se recopilan los resultados individuales por empresa.

2. DESCRIPCIÓN DEL AGRUPAMIENTO INDUSTRIAL

El agrupamiento industrial en el cual se aplicó la metodología de caracterización energético productiva, se clasifica según subsectores productivos así:

Tabla 1. Número de empresas del agrupamiento por subsector.

Subsector	Número de empresas
Servicios	1
Alimentos	3
Textil	1
Plásticos	1
Papel y derivados	1
Fibrocementos	1
Productos Químicos	1

Como resultado del desarrollo del proyecto, actualmente las empresas presentan las siguientes características:

- Conocen el nivel de control de los consumos energéticos y saben su correlación con la producción realizada.
- Conocen cuál es el consumo energético asociado y no asociado a la producción y la tendencia de sus consumos energéticos (sobreconsumo o ahorro).
- Tienen identificados su nivel de producción óptima, sus indicadores de consumo y sus metas de reducción del consumo de energía.
- Están implementando un software de monitoreo y control de los indicadores de consumo, aplicable a nivel de empresa, área y/o equipos.
- Tienen identificados sus sistemas mayores consumidores, y los factores asociados a las mayores pérdidas en cada uno de ellos.

3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

3.1. Energía Eléctrica

Los porcentajes de energía no asociada a la producción que se obtuvieron para la energía eléctrica se encuentran en un rango entre 9,6% y 69,8%, con un valor promedio de 40,53%, según

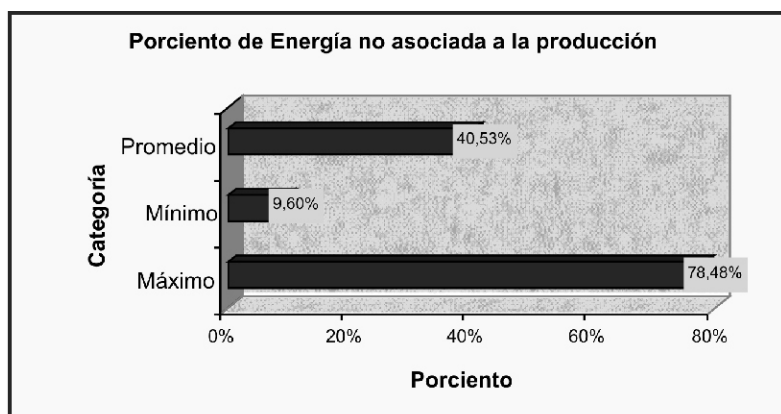


Figura 1. Porcentaje de Energía Eléctrica no asociada a la producción (máximo, mínimo y promedio).

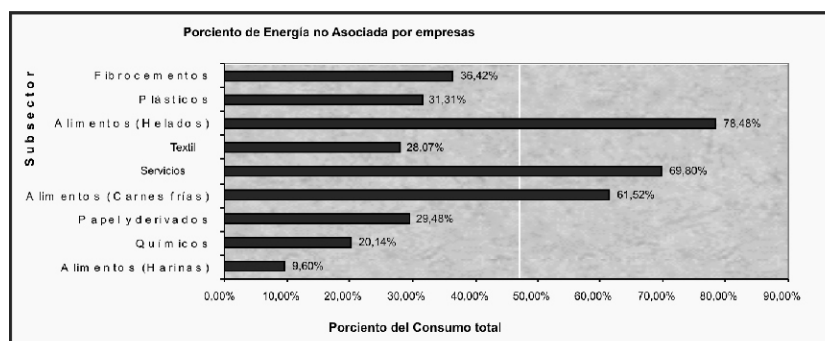


Figura 2. Porcentaje de Energía Eléctrica no asociada a la producción por empresas.

se observa en el gráfico 1. Los porcentajes más altos de energía no asociada a la producción, corresponden a aquellos procesos cuyos mayores consumidores energéticos son sistemas de refrigeración y sistemas de acondicionamiento de aire y que corresponden al subsector alimentos (productos refrigerados) y al subsector servicios. Estos porcentajes se ubican en un rango entre 61,5% y 78,5%, como se aprecia en el gráfico 2.

a. Potencial de reducción del consumo no asociado a la producción

Los potenciales de reducción del consumo de energía eléctrica en las empresas caracterizadas se ubican en un rango entre 2,45% y 11,61% del total del consumo. El potencial promedio de reducción del consumo del grupo es de 5,7%, como se observa en el gráfico 3.

En el gráfico 4 se muestra que el potencial más significativo de reducción del consumo de energía eléctrica no asociada a la producción se presenta para el subsector de papel y derivados con 11,61%. De igual manera, el potencial de reducción más bajo se obtuvo en el subsector alimentos harinas con 2,45%.

b. Potencial de reducción del índice de consumo

Este potencial de ahorro se consigue mediante el incremento del nivel de producción al valor máximo posible de operación.

Esto produce una elevación del factor de carga de los equipos mayores consumidores y una reducción del índice de consumo. El potencial de reducción del consumo tuvo un valor promedio de 17,44% en el agrupamiento industrial, lo que triplicó el potencial obtenido de la energía no asociada a la producción.

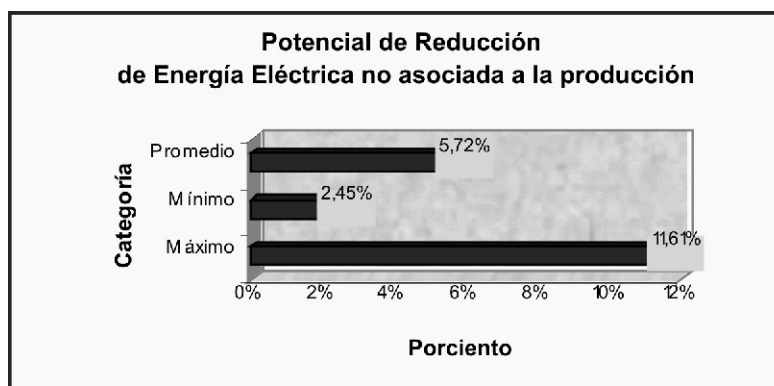


Figura 3. Potenciales de reducción del consumo de energía eléctrica (Máximo, mínimo y promedio).

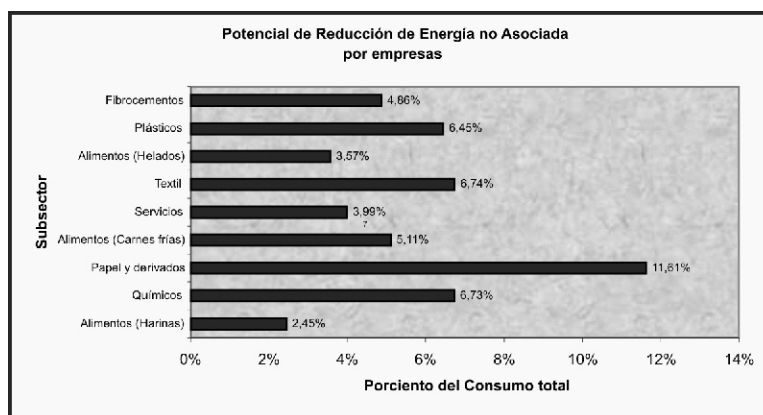


Figura 4. Potenciales de reducción del consumo de energía eléctrica no asociado a la producción por subprocesos.

En el gráfico 5 se muestran los potenciales de reducción del consumo eléctrico asociados a la minimización del índice de consumo por subsector; para este caso, los procesos que involucran sistemas de refrigeración como sus mayores consumidores energéticos se clasifican en el grupo con más altos potenciales de ahorro (entre 28,4% y 29,6%). En un nivel medio alto de potencial de ahorro (entre 17,6% y 7,61%) se encuentran los procesos de producción de textiles, químicos y harinas.

c. Tendencia del consumo

La tendencia del consumo de energía eléctrica en 77% de las empresas, en relación con períodos anteriores, fue hacia el ahorro. Sin embargo, en la mayoría de los casos estas tendencias no son estables sino que muestran variaciones a lo largo del período estudiado. Es decir, para una misma empresa se presentan períodos con tendencia

hacia el sobreconsumo y otros cuya tendencia es hacia el ahorro. El objetivo es lograr que la tendencia hacia el ahorro sea sostenida, lo que es posible si se identifican las variables de control, operacionales, de mantenimiento y productivas que impactan los consumos energéticos y se establecen acciones preventivas debidamente documentadas y revisadas.

d. Potenciales totales

Los potenciales de energía eléctrica totales obtenidos por empresas son la suma del potencial de reducción del consumo de la energía no asociada a la producción y el potencial de reducción de índice de consumo promedio. Se observa que para ocho de las nueve empresas, el potencial obtenido de la reducción del consumo fue mayor que el obtenido para la reducción de la energía no asociada a la producción. El rango de los potenciales totales se encuentra entre 5,42% y 34,72% del consumo promedio total.

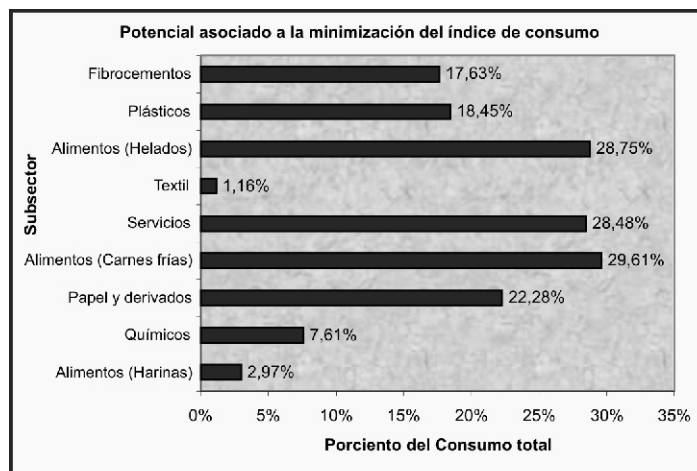


Figura 5. Potencial asociado a la minimización del índice de consumo por empresas.

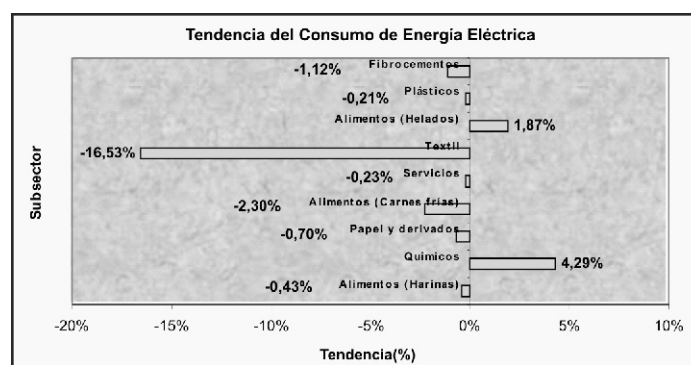


Figura 6. Tendencia del consumo de energía eléctrica por subsectores.

3.2 Energía Térmica

El análisis incluyó únicamente seis de las nueve empresas, ya que tres de ellas no involucran este tipo de energía en sus procesos productivos. Para el consumo de energía térmica se obtuvieron niveles de correlación más bajos que los alcanzados para el consumo de energía eléctrica, ubicados en un rango entre 0,23 y 0,77. Esto obedece a que los equipos consumidores de energía térmica, generalmente calderas pirotubulares, se encuentran trabajando subcargadas, para todos los casos estudiados; además, los sistemas de controles disponibles son de bajo nivel de precisión, no se utilizan registros que contribuyan a optimizar los parámetros de operación, existe desconocimiento sobre la selección óptima de los parámetros de producción de vapor en función de la demanda del proceso, no se utiliza el régimen en cascada de operación cuando existen varios generadores de

vapor y no se alcanzan y mantienen los parámetros óptimos de la relación aire combustible.

a. Potencial de reducción del consumo no asociado a la producción

El análisis del consumo de energía térmica arrojó porcentajes de energía no asociada a la producción (E_o/E) más altos que los encontrados para la energía eléctrica. Estos se hallan en un rango entre 21,72% y 76,61%, con un valor promedio de 37,67%.

El gráfico 7 muestra los potenciales de cada subsector, ubicados entre 5,38% y 19,28%.

b. Potenciales totales

En el gráfico 8 se presentan los potenciales totales obtenidos para el ahorro del consumo de energía térmica. En tres de las empresas analizadas

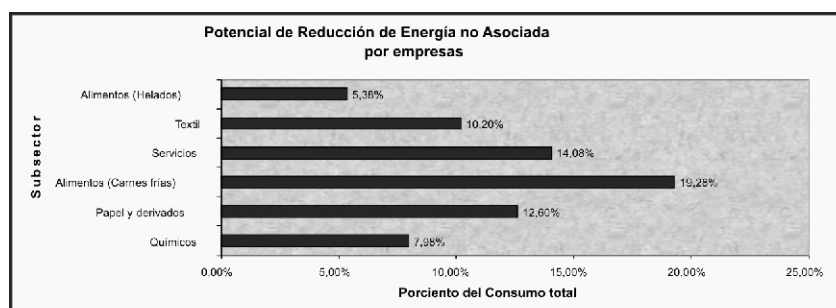


Figura 7. Potencial de reducción del consumo de energía térmica no asociada a la producción por empresas.

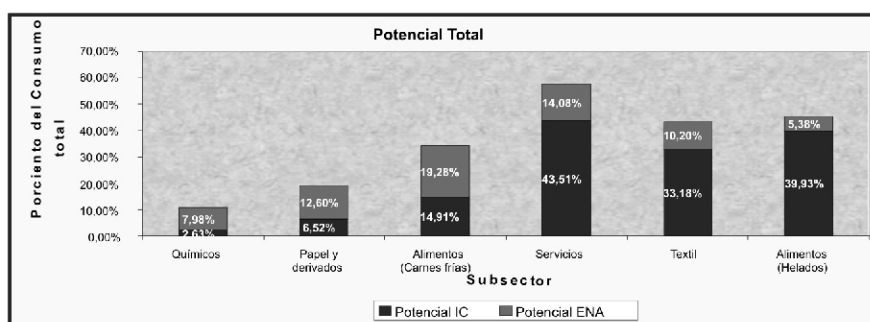


Figura 8. Potenciales totales de reducción de los consumos de energía térmica

(textil, helados y servicios), se lograron potenciales más altos, siendo mayor el potencial de ahorro obtenido mediante la reducción de la energía no asociada a la producción, mientras que en las tres empresas restantes (carnes frías, papel y derivados y químicos), los resultados fueron contrarios. Estos ahorros totales se ubican en un rango entre 10,61% y 57,59%.

4. **POTENCIALES DE REDUCCIÓN DE COSTOS**

En las tablas 2, 3 y 4 se relacionan los potenciales de ahorro mensuales en pesos colombianos, obtenidos de la caracterización energética en cada una de las empresas. Estos resultados dependen del nivel de control de los consumos energéticos, de los volúmenes de producción que se manejan y de los costos de los portadores energéticos, los cuales varían para cada una de ellas.

Los potenciales de reducción de costos se distribuyen de la siguiente manera:

Según portador energético:

- Energía eléctrica: 73,74%
- Energía térmica: 26,25%

Según acciones:

- Planeación de la producción: 62,87%
- Gestión de operación y mantenimiento: 37,12%

5. **EQUIPOS MAYORES CONSUMIDORES DE ENERGÍA PRIMARIA**

La energía primaria es la que compra la empresa a sus proveedores para luego ser transformada en energía secundaria del proceso productivo. Para el caso de las empresas objeto de este trabajo, la energía primaria es energía eléctrica y gas natural. El gas natural, aunque es energía química, en este estudio se trata como energía térmica refiriéndose a la cantidad de calor que el mismo desprende cuando se combustiona. Por medio del diagrama de pareto se identificaron los pocos equipos que representan la mayor parte del consumo energético en cada uno de los procesos.

Tabla 2. Potenciales de ahorro mensuales en pesos colombianos por reducción de consumo de energía eléctrica para cada subsector productivo.

SUBSECTOR	ENERGÍA ELÉCTRICA		
	Ena	IC	Subtotal
Alimentos (Harinas)*	1.074.325	1.302.789	2.377.114
Químicos	6.310.278	7.137.103	13.447.381
Papel y derivados	2.173.200	4.169.205	6.342.405
Alimentos (Carnes frías)	2.411.682	13.975.785	16.387.467
Servicios	1.307.167	9.334.200	10.641.368
Textil	4.451.620	764.305	5.215.925
Alimentos (Helados)	571.900	4.609.918	5.181.818
Plásticos*	3.021.200	8.828.693	11.849.893
Fibrocementos*	2.662.114	9.513.257	12.175.371
TOTALES	23.983.486	59.635.256	83.618.742

Tabla 3. Potenciales de ahorro mensuales en pesos colombianos por reducción de consumo de energía térmica para cada subsector productivo.

SUBSECTOR	ENERGÍA TÉRMICA		
	Ena	IC	Subtotal
Alimentos (Harinas)*	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Químicos	11.898.480	3.918.895	15.817.375
Papel y derivados	1.223.586	633.527	1.857.113
Alimentos (Carnes frías)	3.730.187	2.885.128	6.615.314
Servicios	939.887	2.904.078	3.843.964
Textil	248.679	808.966	1.057.645
Alimentos (Helados)	68.379	507.426	575.804
Plásticos*	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Fibrocementos*	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
TOTALES	18.109.197	11.658.019	29.767.215

Tabla 4. Potenciales de ahorro mensual del costo total de energía en pesos colombianos.

SUBSECTOR	TOTALES
Alimentos (Harinas)*	2.377.114
Químicos	29.264.756
Papel y derivados	8.199.518
Alimentos (Carnes frías)	23.002.781
Servicios	14.485.332
Textil	6.273.570
Alimentos (Helados)	5.757.623
Plásticos*	11.849.893
Fibrocementos*	12.175.371
TOTALES	113.385.958

Tabla 5. Distribución de los equipos mayores consumidores de energía.

EQUIPOS MAYORES CONSUMIDORES	DISTRIBUCIÓN
MOTORES ELÉCTRICOS	45,43%
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	29,84%
COMPRESORES DE AIRE	8,30%
SISTEMAS DE BOMBEO	7,76%
VENTILADORES	5,79%
ILUMINACIÓN	2,89%

En la tabla 5 se presentan los resultados para los sistemas consumidores de energía eléctrica.

En cuanto a la energía térmica, todas las empresas tienen calderas pirotubulares como sus equipos de mayor consumo. En algunas, estos equipos son su único consumidor de energía térmica, mientras que otras reportan además hornos y cocinas, que no representan un alto porcentaje de sus consumos.

6. GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA INNOVACIÓN DENTRO DEL AGRUPAMIENTO INDUSTRIAL

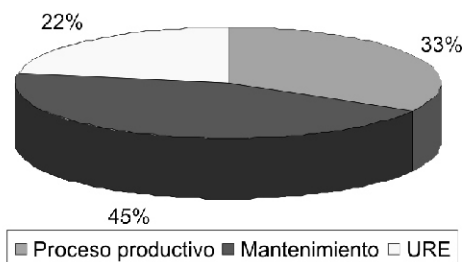


Figura 9. Áreas en las cuales se enfoca la gestión tecnológica

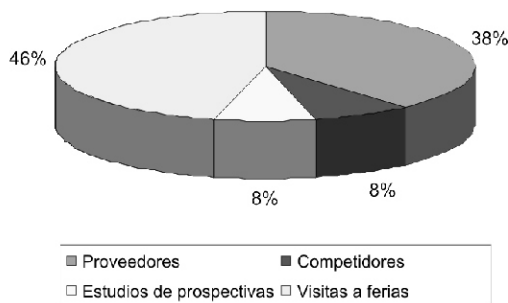


Figura 10. Medios para efectuar la vigilancia tecnológica.

En el gráfico 9 se presentan las áreas en las que se enfoca la gestión tecnológica y en el gráfico 10, los medios para efectuar la vigilancia tecnológica.

Se observa que la gestión tecnológica se enfoca hacia la gestión del mantenimiento (45%), desarrollo de proyectos URE (22%) y el mejoramiento del proceso productivo (33%). No se reportaron acciones encaminadas hacia la gestión medioambiental, financiera y de ventas.

7. CONCLUSIONES

El nuevo enfoque tecnológico, ambiental y social del proceso de caracterización energética en el agrupamiento industrial permite la cuantificación de un mayor número de potenciales de reducción de costos con respecto a lo que se hace actualmente en las empresas en cuanto a uso racional de la energía se refiere.

El elemento esencial de la tecnología de caracterización aplicada es su integralidad, lo que produce medidas de ahorros, no sólo a partir de las mejoras de los sistemas de servicios y del mantenimiento de equipos, sino fundamentalmente por mejoras en la productividad, la planeación de la producción, la gestión tecnológica y la gestión humana, que pocas veces se observan con la óptica de los consumos energéticos.

8. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo en la realización de este trabajo a la Asociación Nacional de Industriales ANDI - Capítulo Barranquilla, a los miembros del Grupo de Investigación en Gestión

Eficiente de Energía KAÍ y al Departamento de Investigaciones de la Universidad del Atlántico.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] O. Prías, *Gestión integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos: un nuevo enfoque*, memorias I Congreso Internacional Sobre Uso Racional y Eficiente de Energía, CIUREE, 2004

[2] ARPEL, Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe, *Guías para monitoreo y seguimiento del uso de la energía*, Canadá, 2002.

[3] J. C. Campos Avella, *Eficiencia energética y competitividad empresarial*, Programa de Especialización en Gestión Eficiente de Energía, Universidad del Atlántico, Barranquilla, 2003.

[4] C. Jiménez, *Gestión tecnológica, conceptos e innovación*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2004.

[5] UPME, Unidad de Planeación Minero Energética, *Evaluación del Potencial y Estructura del mercado de servicios de uso racional y eficiente de energía*, República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía, Bogotá, Febrero de 2002.