

# Elementos para un programa de investigación e innovación en combustión de combustibles fósiles y de origen renovable en Colombia

Andrés A. Amell A.<sup>1</sup>

## 1. Introducción

Las formas de energía final más usadas en los diferentes sectores de la economía y la sociedad son la energía térmica y la energía eléctrica, obteniéndose la mayor cantidad de la energía térmica a partir de la combustión de combustibles fósil y de origen renovable, en las Figuras 1 y 2 se presentan el consumo energético por fuente y por sector económico respectivamente en Colombia para los años 1975 y 2006.

### ESTRUCTURA DE CONSUMO ENERGÉTICO POR FUENTE

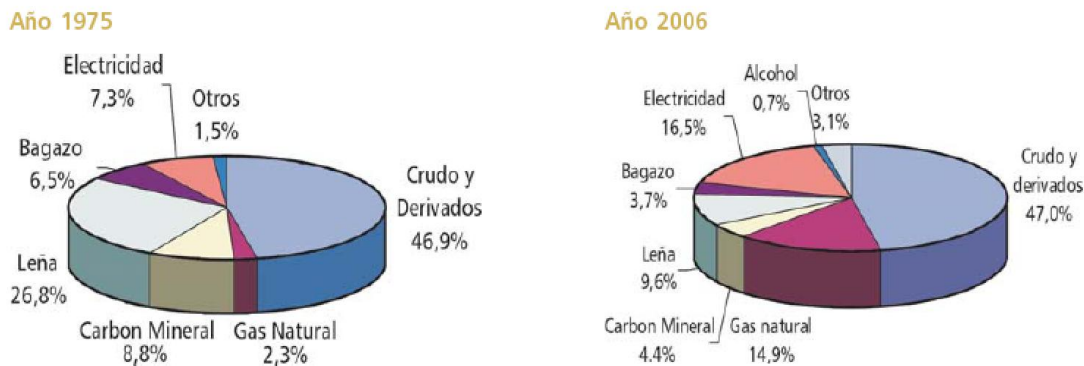


Figura 1. Estructura de consumo de energético por fuente. Fuente UPME.

### ESTRUCTURA DE CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES

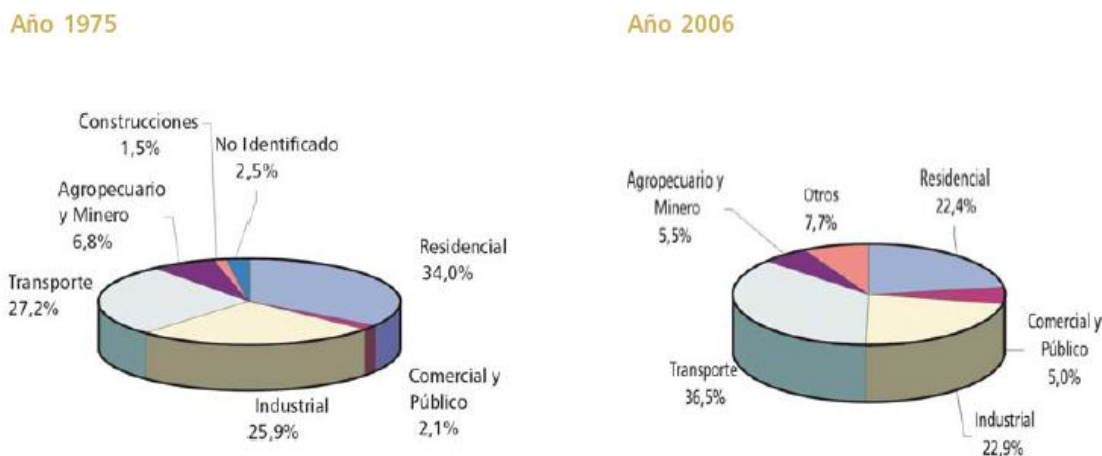


Figura 2. Estructura de consumo de energético por sectores. Fuente UPME.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Medellín. Correo electrónico: andres.amell@udea.edu.co

El análisis de esta información permite plantear las siguientes conclusiones:

- Históricamente en la canasta energética nacional los combustibles, particularmente los de origen fósil ha tenido la mayor participación, en 1975 representaba el 58.0 % y en el 2006 el 66.3%, al tener en cuenta los aportes del bagazo y la leña, la participación de la energía térmica obtenida del proceso de combustión representa aproximadamente el 80% del consumo energético nacional.
- La variación porcentual del crudo y derivados no ha sido significativa, pero se observa una fuerte penetración del gas natural, pasando de 2.3% en 1975 a 14.9% en el 2006.
- Si bien el uso de la leña como fuente de energía, ha tenido una reducción significativa, pasando de 26.8% en 1975 a 9.6% en el 2006, todavía sigue siendo importante, máxime si se tiene en cuenta su impacto en la tala de bosque y el efecto sobre los enfermedades respiratorias por la mala calidad de su combustión.
- El consumo de derivados del petróleo muestra que históricamente el diesel y la gasolina motor han tenido la mayor participación. Se observa un incremento del consumo de diesel, el cual pasó de 15.6% en 1975 a 46.4% en el 2006, y la disminución de la gasolina motor, la cual representaba un 47.5% en 1975 y en el 2006 un 35.6%. Esto se explica por la dieselización del parque automotor, debido a que por un largo período sólo se actuó sobre el ajuste de precio de la gasolina, dejando el precio del diesel sin incremento significativo.
- No se observa una participación significativa del carbón en la canasta energética nacional, éste participó con un 8.8% en 1975 y luego pasó a 4.4% en el 2006.
- En el período examinado, los sectores de la economía con mayores consumos de energía han sido el transporte (27.2% en 1975 y 36.5% en el 2006), el residencial (34% en 1975 y 22.4% en el 2006) y el industrial (25.9% en 1975 y 22.9% en el 2006).

El análisis precedente muestra la pertinencia de estructurar un programa de investigación e innovación para la optimización del uso en la economía y en la sociedad colombiana de la energía térmica obtenida a partir de la combustión de combustibles fósil de origen renovable, como también para la energía eléctrica. La estructura de la canasta energética nacional tomando como referencia el año 2006 tiene como mayor componente la energía térmica en aproximadamente 83.5% y menor proporción la energía eléctrica con un 16.5%.

## 2. Justificación

Los combustibles fósiles representan el 86.7% de las fuentes de energía primaria en la canasta energética mundial. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en el 2050 seguirán representando la mayor parte de la energía mundial. En Colombia representan el 66.3% del consumo final de energía, soportado con el uso de derivados del petróleo, gas natural y carbón. La energía química almacenada en los combustibles mediante la combustión se libera en forma de calor, y se usa directamente o se transforma a otra forma de energía. La introducción de los combustibles de origen renovable y el aprovechamiento de los desechos orgánico, también requieren de la combustión para la liberación de la energía almacenada en estos.

El dominio de la combustión es imprescindible para la optimización del uso de los combustibles (convencionales y de origen renovable) y para el control de sus emisiones contaminantes, cuando éstos se utilizan en los sectores industrial, transporte, residencial y de generación de electricidad. En Colombia no se han consolidado capacidades científicas y tecnológicas para el manejo de la combustión, lo cual se constata cuando se examinan las siguientes tendencias:

- No hay una masa crítica suficiente para la investigación y la innovación tecnológica, esto se verifica cuando se examina el número de grupos de investigación con agenda investigativa en el tema, el número de magíster y doctores y la reducida oferta de programas de formación en maestrías y doctorados.
- Los sistemas energéticos térmicos en los sectores de transporte, industrial y residencial presentan un alto grado de obsolescencia tecnológica, baja eficiencia térmica y fuerte incidencia en la baja productividad de los procesos. Las nuevas tendencias tecnológicas en combustión y calentamiento no han sido adoptadas ni adaptadas: combustión en lecho fluidizado, gasificación del carbón, del coque y de la biomasa, combustión sin llama, combustión catalítica, oxicombustión, combustión con recuperación autoregenerativa de calor, combustión sumergida, combustión con condensación, microcombustión y la combustión tipo HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) empleada en los motores alternativos de combustión interna. En general estos tipos de combustión, con respecto a la combustión convencional, tienen las siguientes ventajas:
  - Mayor eficiencia energética.
  - Menores emisiones contaminantes.
  - Mayor productividad de los procesos
  - Mayor flexibilidad para el uso óptimo de combustibles de composición química diferente.

- La falta tanto de conocimiento como de uso de tecnologías adecuadas, hacen que las emisiones de especies contaminantes sean críticas y superen los estándares internacionales, con consecuencias en el deterioro de la calidad del aire en grandes centros urbanos. En las zonas rurales el uso de la leña con tecnologías de combustión rudimentarias incide en las enfermedades respiratorias de mujeres dedicadas a actividades domésticas y presiona la tala de bosque.
- No se ha desarrollado una industria nacional fuerte de fabricación de equipos de combustión y calentamiento que incorporen las tendencias tecnológicas en nuevos tipos de combustión. Además, tampoco se ha desarrollado una infraestructura experimental para la certificación y normalización de equipos y procesos

Del anterior análisis, no cabe duda que la investigación e innovación en combustibles y combustión aún es de gran pertinencia, con un potencial de grandes impactos económicos, sociales, ambientales y científicos. En consecuencia el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, debe realizar grandes esfuerzos para evitar que se profundice el rezago científico – tecnológico nacional en esta materia, como también preparar el país para seguir el cambio tecnológico mundial en combustión y combustibles, que garantice procesos eficientes de adopción, adaptación y creación de tecnologías, con impactos en la competitividad de la economía nacional y en la disminución de la pobreza.

### **3. Objetivos**

Desarrollar investigación e innovación tecnológica en combustión para incidir en el manejo óptimo de la energía aumentando la eficiencia energética y la productividad en un 25% y reduciendo las emisiones contaminantes cuando se utilicen combustibles fósiles y de origen renovable, con el propósito de mejorar la competitividad en los sectores productivos de la economía nacional intensivos en el consumo de energía térmica y para contribuir a mejores estándares de calidad de vida en los centros urbanos y en los sectores rurales.

#### **3.1 Líneas prioritarias de investigación.**

- Desarrollo, evaluación y demostración y/o transferencia tecnológica en procesos para la producción de nuevos combustibles y/o de origen renovable: gasificación de carbón, de biomasa y de coque, descomposición anaerobia, metanización del gas síntesis, transesterificación, fermentación y electrólisis. En cinco años el país alcanzará un dominio y desarrollo industrial en estas tecnologías.
- Desarrollo, evaluación y demostración de equipos de combustión y calentamiento que operen con nuevos tipos de combustión, para la utilización de combustibles gaseosos convencionales, particularmente gas natural, y de origen renovable. En cinco años el país alcanzará un dominio y desarrollo industrial en las tecnologías de: combustión en lecho fluidizado, combustión sin llama, combustión catalítica, oxicombustión, combustión con recuperación autoregenerativa de calor, combustión sumergida, combustión con condensación, microcombustión, C.LC (Chemical Looping Combustión) y la combustión tipo HCCI

(Homogeneous Charge Compression Ignition) empleada en los motores alternativos de combustión interna.

- Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías limpias para el uso del carbón en el sector industrial para la generación de vapor, en particular la utilización de sistemas de combustión de lecho fluidizado y carbón pulverizado. En cinco años el país alcanzará un dominio y desarrollo industrial en estas tecnologías, para lo cual deben instalarse proyecto pilotos.
  - Evaluación y adaptación al piso térmico colombiano de nuevas tecnologías de motores de combustión interna para aplicar en el sector transporte, generación distribuida y energización rural. El sector transporte es el mayor consumidor de energía térmica en Colombia con el 36.5 % de la demanda y en consecuencia estratégico, para lograr impactos significativos en eficiencia energética, por lo que en cinco años deberán estar funcionando cinco proyectos pilotos con tecnología de motores combustión interna de nueva generación adaptadas a las condiciones atmosféricas del piso térmico colombiano, esto es: motores duales con EGR para aplicación en grandes altitudes, motores fuel flex, motores HCCI, motores a gas operando con mezclas 85% gas natural y 15% hidrógeno, motores con biodiesel al 100% y con corrección del efecto de altitud, motores a gas funcionando con gas natural licuado.
  - Desarrollo, evaluación y demostración y/o transferencia tecnológica en sistemas de recuperación de calor para procesos industriales de alta y de baja temperatura. En cinco años el país alcanzará un dominio y desarrollo industrial en estas tecnologías.
  - Desarrollo, evaluación y demostración y/o transferencia tecnológica de sistemas de producción de vapor con recuperación de calor por condensación, como también aplicación de sistemas de calentamiento directo (sistemas radiantes, combustión sumergida y combustión con condensación) para la sustitución de sistemas centralizados de producción de vapor con alto grado de obsolescencia tecnológica y baja eficiencia. De acuerdo a la UPME los sistemas de generación de vapor, para satisfacer requerimientos de calor en procesos de baja temperatura, secado y calentamiento de aire, son grandes consumidores de energía térmica en el sector de alimentos, bebidas, textil, confecciones y tabaco, representando el 40% aproximadamente del consumo de energía térmica en el sector industrial.
  - Desarrollo, evaluación y demostración de sistemas de combustión y de calentamiento para la utilización de mezclas: gas natural/gas de síntesis, gas natural/biogás y gas natural/hidrógeno.
- Estudio y caracterización de la combustión de biocombustibles producidos con biomasa autóctona de Colombia.
  - Diagnósticos tecnológicos integrales de los sistemas de combustión y calentamiento en grandes empresas y PYMES con procesos intensivos en consumo de energía térmica.
  - Desarrollo, evaluación y demostración de sistemas de combustión y de calentamiento para lograr una eficiencia energética mayor del 50% en los sistemas de cocción que utilizan gas natural y GLP en el sector residencial. En cinco años el país debe haber introducido

una norma técnica al respecto y debe haber producción nacional de cocinas que garanticen dicha eficiencia.

- Desarrollo, evaluación y demostración de sistemas de combustión y de calentamiento, con una eficiencia energética mayor a 40 % y bajo costo, para el uso de biogás en procesos de cocción en zonas rurales, que garantice la sustitución de la leña.

#### **4. Resultados e impactos.**

Para Colombia, el desarrollo de un programa nacional de investigación e innovación en combustibles y combustión, que tenga continuidad en el tiempo y que este orientado a generar resultados en términos de indicadores verificables, tendría los siguientes impactos:

- Consolidar capacidades científicas y tecnológicas en combustión. La situación actual se caracteriza por una baja disponibilidad de investigadores y una reducida oferta de programas de postgrados.
- Optimizar la utilización de los combustibles en los diferentes sectores de la economía nacional, con el desarrollo de innovaciones tecnológicas en equipos de combustión y calentamiento, para lograr:
  - Incrementar la eficiencia energética y la productividad en un 25% en los procesos consumidores de energía térmica en los sectores industrial y residencial de acuerdo a estándares internacionales.
  - Mejorar las condiciones de salud ocupacional en procesos industriales intensivos en consumo de energía térmica.
  - Disminuir las emisiones contaminantes para contribuir a alcanzar estándares internacionales de producción más limpia.
  - Superar el grado de obsolescencia tecnológica de los sistemas de combustión y calentamiento en los procesos industriales y en el sector transporte, al coadyuvar para la adopción y adaptación de nuevas tecnologías de alta eficiencia y productividad.
  - Seguir el cambio tecnológico mundial en nuevos tipos de combustión para apropiarlos y transferirlos al sector productivo, evitando con ello el rezago tecnológico y garantizando el incremento de la eficiencia energética, la disminución de emisiones contaminantes y el aumento en la productividad de los procesos de combustión y calentamiento
  - Garantizar complementariedades entre los diferentes combustibles fósiles y de origen renovable disponibles en el país, para lograr una mayor disponibilidad y confiabilidad del suministro de energía térmica a la sociedad. Este objetivo se logra en la medida en que se desarrollen innovaciones técnicas en equipos de combustión y calentamiento que utilicen combustibles de diferente composición química o mezclas.
- Desarrollar al menos dos industrias nacionales para la producción de equipos de combustión y calentamiento particularmente orientadas a la fabricación y comercialización de tecnología de nueva generación.

## **5. Actores para el desarrollo de los programas.**

- Grupos de investigación clasificados en el escalafón nacional, que sean representativos de las diferentes regiones, con agenda de investigación en los temas relacionados con los dos programas, asignándole mayor responsabilidad a los grupos actualmente clasificados como A1 y A: GASURE, QUIREMA, GIMEL, UREMA, Energía y Termodinámica, Estudios Energéticos, Combustibles Alternativos y el Laboratorio de Combustibles de la UNAL-Bogotá.
- Centros de investigación y desarrollo tecnológicos: ICP, CIEN, CDT de gas y CIDET.
- Productores y transportadores de combustibles: ECOPETROL, CERREJÓN, TEXAS, B.P, PROMIGAS, TIG, GAS NATURAL y otros.
- Empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica
- Consumidores de combustibles: ANDI, gremios de transporte de carga y masivo en centros urbanos, distribuidores de combustible y otros.
- Fabricantes nacionales de equipos de combustión y calentamiento.
- Sector institucional: Minminas, Mincomercio, Minambiente, UPME, CIURE, IPSE. e INCONTEC.