

**EFICIENCIA ENERGÉTICA E INVENTARIO DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO EN LA INDUSTRIA PETROLERA-CASO: COMPAÑÍA  
PETROLERA ABC ECUADOR.**

Mauricio Meza  
([mmeza\\_2001@yahoo.com](mailto:mmeza_2001@yahoo.com))  
Envirotable Group-Quito-Ecuador

---

## **1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.1. Introducción**

La preocupación mundial por el cambio climático se inicia cuando se advierte un calentamiento global del planeta, que está provocando, entre otros, fenómenos tales como inundaciones de las tierras bajas y amenazando territorios como pequeñas islas, cambios en la ecología que afectan a las economías de los países.

Según parte de la comunidad científica internacional, el problema se produce cuando algunos gases, como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonados y otros, evitan que los rayos solares que llegan a la tierra, se refracten y salgan nuevamente a la atmósfera, provocando el calentamiento; es decir actúan como un techo invisible (invernadero) que permite que el calor del sol llegue a la tierra pero impide que se disperse en la atmósfera o más allá de ella. Existen fuentes naturales que producen estos gases (explosiones volcánicas, por ejemplo), y también sumideros, tales como los bosques o los mares que son capaces de descomponer estos gases y evitar que el efecto de calentamiento ocurra. Sin embargo el problema es que la acción del hombre está provocando que las emisiones de estos gases de invernadero, sean mucho mayores que la capacidad de absorción de los sumideros, con lo que su cantidad va en constante aumento lo mismo que sus efectos.

Los gobiernos del mundo acordaron que es necesario tomar acciones para evitar que el efecto invernadero avance y por tanto organizaron el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), del que son parte casi todos los países del mundo. Aquí se toman acuerdos sobre las acciones para disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG por sus siglas en inglés). Por ejemplo, se acordó que los países más industrializados del mundo deberán reducir sus emisiones durante el período 2008-2012 en un 5.2% sobre los niveles de emisión de 1990 (Protocolo de Kyoto). También se estableció un fondo mundial (el Global Environmental Facility) cuyo propósito es apoyar proyectos que tiendan a reducir las emisiones de gases de invernadero en los países en desarrollo, especialmente con el uso de energías renovables o eficiencia energética.

En ese contexto, es importante que todas las empresas, especialmente las del sector energético, cuantifiquen sus emisiones de GHG e identifiquen las tendencias, investiguen las causas y tomen acciones para disminuirlas o eliminarlas, de ser posible.

### **1.2. Justificación**

El objetivo del estudio, es realizar un inventario de emisiones de GHG para definir medidas de eficiencia energética y de manejo ambiental que las disminuyan. Un segundo objetivo es la participación de ABC Ecuador en el mercado del carbono, con una estrategia de reducción de emisiones, tanto a nivel local, regional o mundial.

### **1.3. Objetivo y Alcance**

El objetivo general del estudio, es realizar un inventario de GHG que se generan durante las operaciones normales que ABC Ecuador realiza en el bloque xx. El inventario comprende las distintas locaciones e instalaciones de ABC Ecuador en dicho bloque.

Para determinar el ahorro energético, se incluye una cuantificación de emisiones antes y después de la entrada en operación de la planta generadora de energía eléctrica a gas natural. También se determina un índice de intensidad de carbono de producción para medir el desempeño ambiental de la empresa.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DEL TRABAJO**

### **2.1. Metodologías**

En este inventario de GHG se han utilizado dos metodologías para estimar el nivel de emisiones: la Global Climate Change Voluntary Challenge Guide proporcionada por la CAPP (Canadian Association of Petroleum Producers) como principal, y las Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de GHG, para comprobar y validar los resultados.

#### **Metodología CAPP**

Esta guía ha sido desarrollada para ayudar a las compañías del sector energético a estandarizar el cálculo de las emisiones de GHG provenientes de combustión, procesos de venteo, fugitivas y fuentes indirectas.

En primer lugar se establece un año base, de ser posible basado en datos del año 1990, estandarizado internacionalmente. Para el inventario de ABC Ecuador se utilizó el año 1992 como año base, debido a la disponibilidad de datos desde ese año.

Esta guía presenta dos aproximaciones estandarizadas para determinar las emisiones de GHG:

- El método simplificado permite la determinación de emisiones por combustión y fugitivas, con un mínimo de datos requerido.
- El método detallado utiliza factores de emisión específicos de acuerdo a la tecnología usada para determinar emisiones por combustión y fugitivas para los procesos y equipos de las instalaciones de la compañía. Este método puede también incluir un conteo genérico de los equipos.

Para el caso del inventario de GHG de ABC Ecuador, se ha utilizado el método simplificado.

Una vez realizada la cuantificación de emisiones de GHG, se procede a calcular los índices de Intensidad Energética de Producción y de Intensidad de Carbono de Producción de la empresa (El significado de éstos conceptos se explican en detalle en el Capítulo 3, acápite 3.2. Análisis de Resultados).

Los resultados del inventario de emisiones se reportan en términos de CO2 Equivalente (CO2E), que incluye CO2, CH4 y N2O. Los gases distintos al CO2 son convertidos en CO2E utilizando factores de Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) que toman en cuenta el impacto relativo de los diferentes GHG a la atmósfera y los tiempos de residencia en la misma. Los factores de potencial de calentamiento global se presentan a continuación:

**Tabla N° 1: Factores de Potencial de Calentamiento Global**

Gas	100 años de GWP
CO2	1
CH4 (metano)	21
N2O (óxido nitroso)	310
CF4	6500

Para determinar las emisiones de CO2E se utilizaron los factores de emisión propuestos por la metodología CAPP, basados en los factores de emisión por combustión presentados por la "Compilation of Air Pollutant Emission factors", AP-42, Enero de 1995.

#### **Metodología IPCC**

Las guías desarrolladas por el IPCC, sugieren dos enfoques complementarios para la elaboración de los inventarios de los GHG. El primero, denominado enfoque de referencia, se refiere únicamente a las emisiones de dióxido de carbono, cuantificadas a un nivel agregado. El segundo, llamado método por tecnologías, se refiere, además del CO2, a las emisiones de otros gases (CH4, N2O) y partículas, y se analizan las tecnologías energéticas de forma separada o individual. Este método requiere, además de la información sobre los flujos de productos que

entran a los diferentes nodos del sistema energético, datos específicos sobre las características de los procesos de transformación y de consumo que tienen lugar en cada uno de los nodos del sistema.

Cabe mencionar que los resultados se reportan en Giga gramos (Gg) y de forma independiente para cada uno de los gases.

Para el Inventario de GHG de ABC Ecuador se utilizó el método de tecnologías por categorías y se usaron los factores de emisión propuestos por la metodología IPCC. La utilización de éstos factores, además de facilitar comparaciones a nivel internacional sobre el volumen de emisiones, permite estimar dichas emisiones con un nivel aceptable de exactitud.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Comparación de Resultados

A efectos de validar los resultados obtenidos con la metodología CAPP, se utilizó la metodología IPCC. A continuación, se presentan los valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> obtenidos con los dos procedimientos. No se presentan los valores en términos de CO<sub>2</sub>E para poder facilitar la comparación entre ambas metodologías.

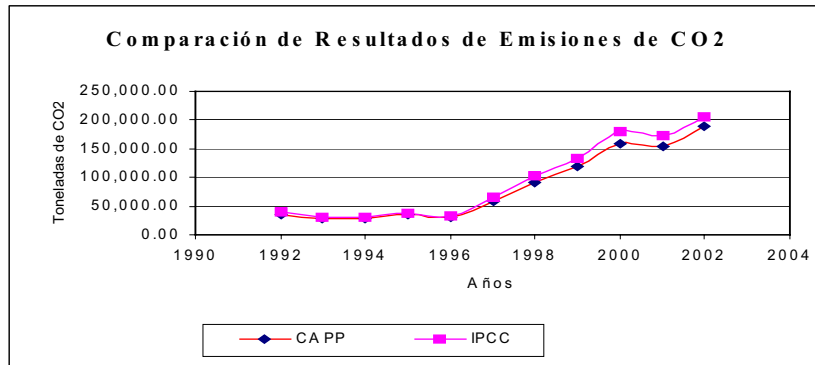
**Tabla N° 2: Comparación de Resultados de Emisiones de CO<sub>2</sub> obtenidos por métodos distintos**

A ñ o	C A P P	I P C C	D i f e r e n c i a (C A P P - I P C C)
1 9 9 2	3 5 , 4 3 7 . 6 3	4 0 , 1 1 3 . 6 6	- 1 1 . 6 6 %
1 9 9 3	2 6 , 9 0 4 . 6 3	3 0 , 2 6 8 . 0 6	- 1 1 . 1 1 %
1 9 9 4	2 7 , 3 8 3 . 8 4	3 0 , 7 8 3 . 8 3	- 1 1 . 0 4 %
1 9 9 5	3 4 , 0 8 5 . 6 9	3 8 , 4 5 3 . 1 9	- 1 1 . 3 6 %
1 9 9 6	2 9 , 9 1 7 . 6 5	3 3 , 6 2 1 . 3 2	- 1 1 . 0 2 %
1 9 9 7	5 7 , 2 7 9 . 1 3	6 4 , 4 1 4 . 8 6	- 1 1 . 0 8 %
1 9 9 8	9 2 , 0 9 0 . 7 6	1 0 3 , 5 2 7 . 8 2	- 1 1 . 0 5 %
1 9 9 9	1 1 9 , 4 6 7 . 5 2	1 3 3 , 5 8 6 . 8 5	- 1 0 . 5 7 %
2 0 0 0	1 5 8 , 9 5 7 . 2 0	1 7 9 , 3 6 1 . 3 8	- 1 1 . 3 8 %
2 0 0 1	1 5 4 , 5 9 3 . 9 6	1 7 3 , 3 3 0 . 9 0	- 1 0 . 8 1 %
2 0 0 2	1 8 9 , 6 9 1 . 8 6	2 0 6 , 6 1 3 . 9 4	- 8 . 1 9 %

Unidades: Toneladas de CO<sub>2</sub>

Nótese que los valores obtenidos con ambos procedimientos son similares (la máxima diferencia es de 11.66%). La tendencia de la curvas es exactamente igual, tal como se observa a continuación.

Grafico N° 1



### 3.2. Análisis de Resultados

La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados obtenidos utilizando la Metodología CAPP.

Tabla N° 3: Inventario de GHG de ABC Ecuador (1992-2002)

Año	Producción de Petróleo	Producción de Fluidos	Energía usada	PEI*	Emisiones de CO2E	PCI**
	m3 Petróleo/año x 10 <sup>3</sup>	m3 Fluidos/año x 10 <sup>3</sup>	GJ/año x 10 <sup>3</sup>	GJ/m3 Fluidos	Tons CO2E	TonsCO2E/ m3 Fluidos
1992	299.06	495.08	674.03	1.36	38,981.83	78.7
1993	280.40	466.22	504.22	1.08	29,564.31	63.4
1994	259.59	454.70	512.26	1.13	30,087.00	66.2
1995	245.94	433.36	643.07	1.48	37,472.98	86.5
1996	311.05	578.18	559.22	0.97	32,869.12	56.8
1997	659.05	1,229.10	1,072.46	0.87	62,937.36	51.2
1998	1195.25	2,684.25	1,722.82	0.64	101,181.90	37.7
1999	2141.59	4,623.59	2,206.10	0.48	131,141.66	28.4
2000	2287.70	7,737.50	3,184.06	0.41	174,249.08	22.5
2001	2241.99	9,977.42	3,438.54	0.34	168,206.83	16.9
2002	2221.36	9,491.02	3,486.38	0.37	204,057.75	21.5

\* PEI: Índice de Intensidad Energética de Producción (ver detalle, pág. 14)

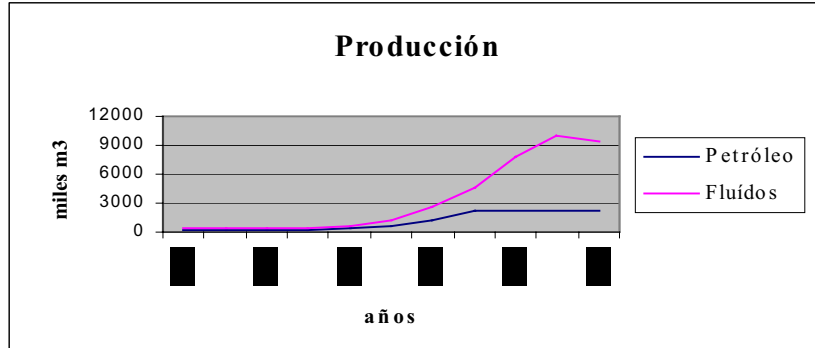
\*\* PCI: Índice de Intensidad de Carbono de Producción (ver detalle, pág. 17)

### PRODUCCIÓN

En el periodo 1992-2002, ABC Ecuador expandió sus operaciones de modo importante. La producción alcanzó su máximo el año 2000, ese año se produjeron 14 millones 389 mil barriles (2287.7 miles de m3 ) de petróleo. En el año 2001, disminuye en 1.99% y en el 2002, la producción

cae en 0.9% con respecto al año anterior. Una probable explicación a esta tendencia se halla en el no bombeo de petróleo cuando el SOTE (Oleoducto Trans-Ecuatoriano) tiene problemas para transportarlo, según los técnicos del departamento de producción de ABC Ecuador.

**Grafico N° 2**



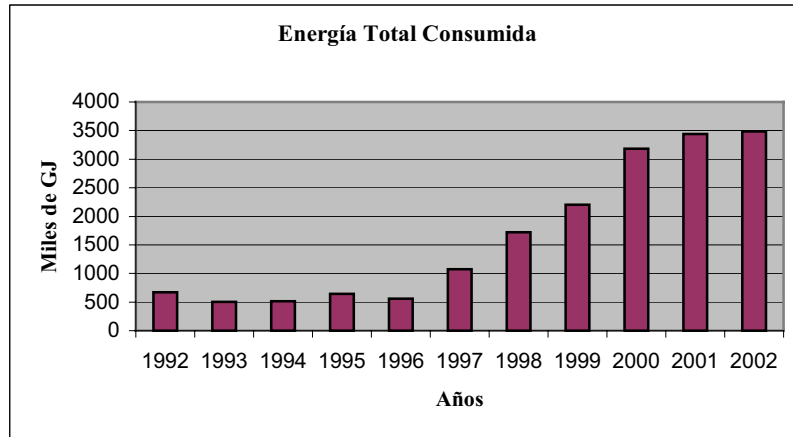
Para el período 1992 - 2002, la producción de flúidos alcanza un crecimiento de 1800 %. La curva de producción de flúidos tiene una tendencia a crecer a partir del año 1997, que es cuando crece significativamente la producción de petróleo. En 1997 la producción de flúidos es de 3 millones 114 mil barriles (1229.10 mil m3) y para el año

2002 alcanza los 59 millones 699 mil barriles (9491.02 mil m3), creciendo en un 672 % en ese período (1997-2002). La cantidad de barriles de agua extraídos por cada barril de petróleo fue de 0.66 en 1992, 0.86 en 1997 y de 3.27 en 2002, reflejando la necesidad de un mayor esfuerzo energético en el proceso productivo por las características del fluido extraído.

#### **ENERGIA UTILIZADA**

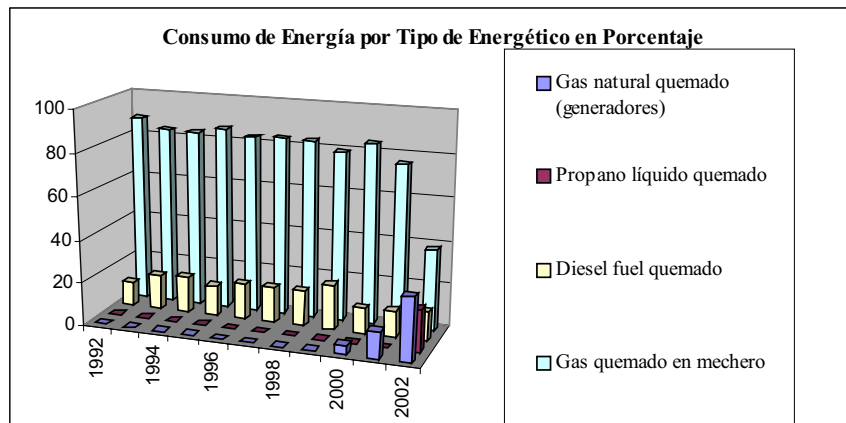
En el mismo período (1992-2002), la energía usada, que es la suma de los energéticos utilizados en el proceso productivo, se incrementó en 414 %. Cabe mencionar que el consumo de energía esta directamente relacionada al crecimiento de la producción de flúidos.

**Grafico N° 3**



Al descomponer la energía consumida por tipo de energético, es importante observar que hasta el año 2000, el gas asociado se quemaba en los mecheros y se usaba diesel oil para la generación de energía eléctrica. A partir de ese año, parte del gas que se quemaba en mecheros se usa para producir electricidad, sustituyendo parcialmente el uso de diesel oil. En el año 2002 se inicia el uso de propano líquido quemado, también para generación eléctrica.

**Grafico N° 4**

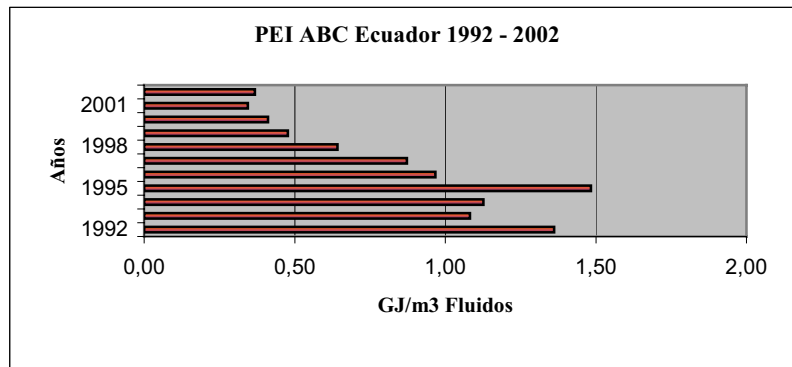


### INDICE DE INTENSIDAD ENERGÉTICA DE PRODUCCIÓN

El Índice de Intensidad de Energética de Producción (PEI por sus siglas en inglés) es el cociente entre la cantidad de energía utilizada y el volumen de producción, resultando una estimación promedio de la cantidad consumida de energía por unidad de producto (fluidos). Este concepto es muy importante porque expresa la eficiencia energética del proceso productivo.

En el PEI se observan valores muy fluctuantes, con el máximo el año 1995 y el mínimo en el 2001. El año 2002, el PEI sufrió un pequeño incremento (8.8%), que sin embargo no es significativo en el total, puesto que el PEI del año 2002 representa el 27% del valor de 1992 y el 25% del valor máximo de 1995. El resultado es, entonces, que existe una ganancia en eficiencia energética del 73% en el periodo de once años considerado en conjunto.

**Grafico N° 5**

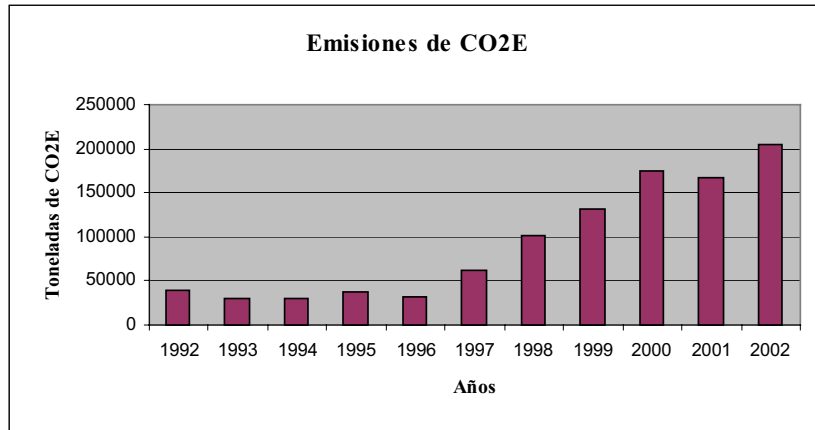


### EMISIONES DE CO2E

Las emisiones totales de CO2E crecieron vertiginosamente (423 %) entre los años 1992 y 2002, debido al aumento de la producción de fluidos.

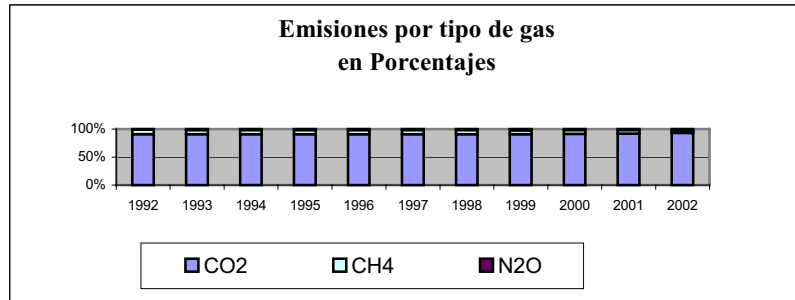


**Grafico N° 6**



Al descomponer las emisiones por tipo de gas, se observa que el CO<sub>2</sub> representa alrededor del 90% del total en todos los años, lo que es consistente con los resultados obtenidos para cualquier tipo de instalación energética.

**Grafico N° 7**

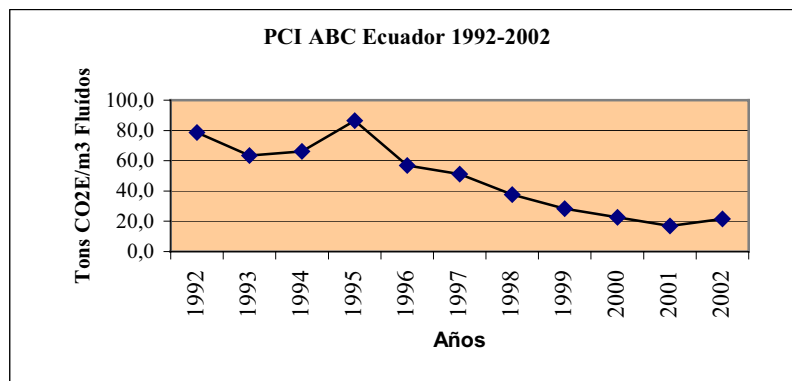


### INDICE DE INTENSIDAD DE CARBONO DE PRODUCCIÓN

El Índice de Intensidad de Carbono de Producción (PCI por sus siglas en inglés), es el cociente entre la cantidad de emisiones de carbono y el volumen de producción y mide la cantidad promedio de carbono emitido por unidad de producto (fluidos). Este indicador expresa el desempeño ambiental del proceso productivo.

Sin embargo al crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>E (423%), éste es inferior al aumento de la producción de fluidos (1800%), lo que se refleja en una disminución del PCI de 72.7% en el periodo 1992-2002. Las razones están en la sustitución de energéticos: diesel oil por gas natural y propano que son más limpios y por una ganancia en eficiencia energética ya descrita.

**Grafico N° 8**



Hay un hecho que merece ser resaltado. A partir del año 2000, una parte del gas natural que anteriormente se quemaba en mechero, se usa para generación eléctrica. Como resultado, las emisiones de CO<sub>2</sub>E son menores de lo que hubieran sido sino se adoptaba esa medida. Esas ganancias aparecen en la tabla siguiente, para los años en que se realizó el proceso de sustitución.

**Tabla N° 4: Reducción de Emisiones y % respecto del total de emisiones del año**

Año	Tons CO <sub>2</sub> E	%
2000	2,393	1.37
2001	7,362	4.76
2002	17,883	8.76

Esos ahorros representan más del 8,7 % de las emisiones del año 2002 y lo más importante, la tendencia es creciente.

#### 4. ESCENARIOS FUTUROS

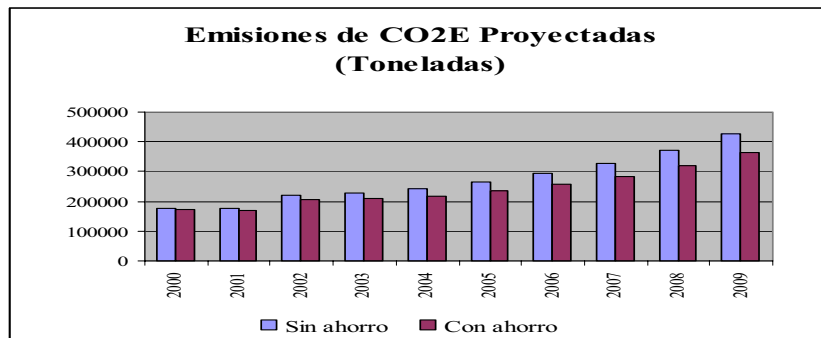
##### 4.1. Escenarios

Para poder proyectar los resultados, se hicieron los siguientes supuestos:

- ✓ La producción de fluidos se asume que crece en 15%, dado que las tasas de crecimiento de la producción de fluidos fueron de 65% entre 1997 y 2002, y de 30% entre 2000 y 2002; es decir, cayó a menos de la mitad si se considera sólo los últimos tres años. Por ello, se asume que en el periodo siguiente, también caerá a la mitad.
- ✓ Uso de gas natural en generadores eléctricos. Es muy difícil que las tasas de crecimiento de este combustible observadas para el periodo 2000-2002, que alcanzan a 200 y 140%, se mantengan. Por ello, se asumió, de modo conservador, que su crecimiento es de 20% anual.
- ✓ Propano Líquido. Recién el año 2002 se empieza a usar este combustible, por lo que no existe manera de calcular un promedio de las tasas de crecimiento. Por esto, se asume que su uso crecerá en 10% anual.
- ✓ Diesel oil. Se asume que cada año, el uso de este combustible crecerá en 11.3%, la tasa promedio de crecimiento del periodo 2000-2002.
- ✓ Gas quemado en mecheros. Entre el 2000 y el 2002, esta variable disminuyó en 27% por año. Para permitir un escenario menos optimista, se asumió una tasa de decrecimiento de 20% anual.

Con estos supuestos, se obtuvieron los siguientes resultados:

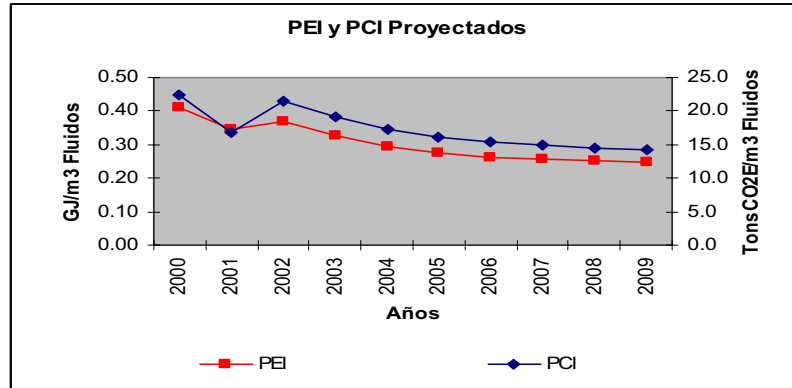
**Grafico N° 9**



Nótese que los ahorros son cada vez mayores. Por supuesto, esto ocurrirá si se continúa en el proceso de usar el gas natural en la generación de energía eléctrica.

También se proyectaron el PEI y el PCI, con los siguientes resultados:

**Grafico N° 10**



El PEI y el PCI continúan su tendencia decreciente, pero cada vez a ritmos menores. Esto es lógico porque las posibilidades de sustitución en el uso de los energéticos tienen límites. Sin embargo, las ganancias en eficiencia energética y en emisiones por unidad de producto son significativas y constituirían un valioso aporte de ABC al compromiso mundial contra la emisión de Gases de Efecto Invernadero.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El resultado más importante es que se han cuantificado las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el periodo 1992-2002, con dos metodologías diferentes, y los resultados son muy cercanos (la máxima diferencia es de 11.66% para las emisiones de CO<sub>2</sub> y en los últimos años disminuye). Cabe mencionar, que para el año 2001, la emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por ABC Ecuador representan el 0.8% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el sector energético en el Ecuador en ese mismo año (datos proporcionados por OLADE<sup>2</sup>). Es decir, los resultados alcanzados son confiables: el objetivo de la consultoría se ha cumplido.

<sup>2</sup> OLADE (Organización Latinoamericana de Energía)

Hay que destacar el hecho de que la metodología CAPP esta enfocada en el sector energético y específicamente en el área de petróleos, mientras que la metodología IPCC ha sido desarrollada para preparar los inventarios nacionales. Los factores de emisión de los GHG para cada una de las metodologías, provienen en algunos casos, de diferentes fuentes. Por esta razón, se da una diferencia en la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y de los otros gases (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O).

En cuanto a los datos y los indicadores, se puede decir lo siguiente:

- ⇒ Se observa que entre 1992 y 2002, la producción de fluidos crece en 1800% y la de petróleo 640%. Esto se explica porque al inicio del período de estudio, la cantidad de barriles de agua por cada barril de petróleo era de 0.66 en 1992 y de 3.27 en el 2002.
- ⇒ El crecimiento en la producción unido al deterioro de la calidad del fluido, provocaron una mayor necesidad de energía en el proceso productivo y, por tanto, un aumento en las emisiones de GHG. Es así que la cantidad de energía usada creció, en el periodo (1992-2002) en 414% y las emisiones en 423%.
- ⇒ Sin embargo, es de notar que el proceso productivo mejoró en eficiencia energética y desempeño ambiental. Los indicadores respectivos (PEI y PCI) disminuyeron en 73% en el periodo de análisis.
- ⇒ A partir del año 2000, se inicia el uso de gas natural en la generación de energía eléctrica. Este hecho provocó ahorros en las emisiones que representaron el año 2002, el 9% del total de emisiones.
- ⇒ Al proyectar la situación de ABC Ecuador hasta el año 2009, se observa que los ahorros en las emisiones crecen (aunque a tasas decrecientes) y que el PEI y el PCI disminuyen también a tasas decrecientes, llegando a casi un nivel de estabilidad al final del periodo proyectado.
- ⇒ Es de notar que el último año (2002) existió un empeoramiento en los indicadores de eficiencia energética y de contaminación, aunque en niveles menores.

## **5.2. Recomendaciones**

- ✓ Continuar con el proceso de uso de gas natural para generación eléctrica, contribuyendo de esta manera a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- ✓ Continuar con la mejora en los procesos productivos, que ha provocado una disminución sostenida en el PEI y el PCI durante el periodo de análisis.
- ✓ Investigar las razones por las cuales la tendencia se revierte mínimamente el año 2002, para saber si se trata de un cambio permanente o de hechos circunstanciales que no afectarán en el futuro

(una de las razones parece ser lo expresado en el acápite 3.2 Análisis de Resultados, en el tema de Producción).

- ✓ El siguiente paso como consecuencia de este estudio, será el de certificar la reducción de emisiones de carbono por parte de una verificadora, para luego poder vender estos "Certificados de Reducción de Emisiones", vía MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) del protocolo de Kyoto o simplemente negociándolo en el Mercado de Carbono Internacional.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- AEC Ltd., 1999. Sixth Submission to the Voluntary Challenge & Registry. Calgary, Alberta-Canada: Alberta Energy Company Ltd.
- CAAP, et al., 2000. Global Climate Change Voluntary Guide. Alberta-Canada: Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP).
- CORDELIM, 2003. Taller de Promoción y Capacitación Básica en Proyectos de Certificación de Carbono. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente. Págs. 8-9.
- DAIMI s.a., 1999. Estudio Calidad Aire-Estación Fanny-Campo Dorine-MPF. Modelo de Dispersión de Partículas. Quito-Ecuador: City Investing Company. Págs. 98-101.
- IPCC, 2002. IPCC Database on Greenhouse Gas Emission Factors. Internet: <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- IPCC, 1996. Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada en 1996. Bracknell-Reino Unido: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) WGI Technical Support Unit.
- IPCC, 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Bracknell-Reino Unido: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) WGI Technical Support Unit.
- PDVSA, 1997. Energía y Ambiente: Estrategias para un Desarrollo Sustentable; Conferencia Internacional. La Ciencia de los Cambios Climáticos, Maracaibo-Venezuela: Gerencia de Asuntos Públicos del CIED. Págs. 31-36.
- Swisher, J., 1997. Tools and Methods for Integrated Resource Planning: Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment. Roskilde-Dinamarca: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Riso National Laboratory. Págs. 195.
- Wark, K., 1981. Air Pollution: Its Origin and Control. General Control of Gases and Vapors. New York-USA: HarperCollins, Publishers, Inc, Págs. 255-330.
- Villavicencio, A., 1998. Guías para el Cálculo de las Emisiones de Gases y Partículas del Sector Energético. Quito-Ecuador: Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).