

# INTEGRATED ENVIRONMENTAL STRATEGIES MEXICO, PHASE IV

---

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS  
INVENTARIOS DE EMISIONES DE  
GASES DE EFECTO INVERNADERO Y  
DE CONTAMINANTES DEL AIRE PARA  
EL SECTOR ENERGIA

**DICK HOMERO CUATECONZI SANTACRUZ**

**23/02/2009**

Reporte Final del Análisis de Consistencia entre las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y los Contaminantes del aire y de sus Proyecciones



# **INTEGRATED ENVIRONMENTAL STRATEGIES MEXICO, PHASE IV**

## **INFORME FINAL**

**“ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES DE  
GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE EMISIONES DE  
CONTAMINANTES DEL AIRE PARA EL SECTOR ENERGIA”**

**SUBCONTRATO No:  
AEU-8-88252-01**

**Preparado por:  
Dr. Dick Homero Cuatecontzi Santacruz  
Consultor**

**Preparado para:  
Midwest Research Institute  
National Renewable Energy Laboratory (NREL)**

**Febrero 2009**



## INDICE

RESUMEN	7
ANTECEDENTES	9
INTRODUCCIÓN	9
1.0 ANÁLISIS DE DIFERENCIAS Y SIMILITUDES EN INVENTARIOS	12
1.1 Estructura del inventario y Tipos de Fuentes involucradas	12
1.2 Metodologías de Estimación y Niveles de Detalle	10
1.2.1 Metodologías para los Gases de Efecto Invernadero	14
1.2.1A Fuentes Estacionarias	15
1.2.1B Fuentes Móviles	16
1.2.2 Metodologías para los Contaminantes del Aire	18
1.3 Factores de Emisión	19
1.4 Gases considerados	22
1.5 Año Base de los Inventarios y Área Geográfica cubierta	22
2.0 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE CONTAMINANTES DEL AIRE DEL SECTOR ENERGÍA	24
2.1 Consistencia en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero	25
2.2 Consistencia en el Inventario de Contaminantes del Aire	28
2.3 Consistencia en las Proyecciones de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	36
2.4 Consistencia en las Proyecciones de las Emisiones de Contaminantes del Aire	39

<b>3.0</b>	<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN LAS EMISIONES</b>	<b>44</b>
<b>4.0</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>45</b>
<b>5.0</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</b>
<b>6.0</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>

## RESUMEN

En este informe se reportan las conclusiones extraídas del análisis de consistencia entre los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y los contaminantes del aire para el sector energética, así como entre sus proyecciones.

El análisis de consistencia requirió primero identificar las diferencias y similitudes en cuanto a la forma en que son distribuidos los sectores económicos y las fuentes de emisión, el paso siguiente es analizar la consistencia interna entre los componentes de cada inventario. Este paso implica verificar que las metodologías utilizadas en la estimación de las emisiones y las fuentes de donde se obtienen los datos tanto de actividad como de factores de emisión, sean consistentes, lo que permite que las emisiones así obtenidas puedan ser comparadas con los inventarios de otros países que utilicen las mismas metodologías. El paso final del análisis de consistencia es comparar las proyecciones de las emisiones de aquellos gases que son comunes entre los dos inventarios (CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>DM, y SO<sub>2</sub>).

El análisis de consistencia representa la primera etapa hacia el proceso de armonización entre inventarios de emisiones. Sin embargo, la información disponible hasta este momento no permite completar el análisis de consistencia de todo el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el proceso de armonización deberá de llevarse a cabo después de que se haga una actualización al inventario nacional de contaminantes del aire, de manera que las emisiones del nuevo año base no diste mucho del usado en las proyecciones de los gases de efecto invernadero.

El personal de ERG encargado de desarrollar las proyecciones de contaminantes criterio aprovecho los datos de las proyecciones de uso de combustibles que se obtuvieron utilizando el modelo LEAP para los sectores residencial, comercial, industrial, agrícola, y transporte, así como aquellas para las industrias generadoras de electricidad, además de las tasas de crecimiento del PIB y de la población, para desarrollar unos factores de crecimiento, los cuales fueron aplicados a las emisiones de contaminantes del aire del año base (1999) para generar las emisiones proyectadas a los años 2008, 2012 y 2030. Esto sin duda representa un esfuerzo valioso en la dirección hacia la armonización de inventarios futuros, entendiéndose por armonizar al

proceso de estandarizar o incrementar la comparación o convergencia entre las emisiones estimadas en los dos inventarios.

Los resultados de este análisis indican que el utilizar los datos de proyecciones para desarrollar factores de crecimiento es una de las posibilidades más probables por donde se deben enfocar los esfuerzos futuros para conseguir la armonización.

## **ANTECEDENTES**

En el primer informe parcial se señalaron los objetivos del proyecto y se describieron las actividades a realizar, siendo la última aquella que tiene que ver con la evaluación de la consistencia entre los inventarios de emisiones tanto de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire, como de sus proyecciones. Se indica además que la primera etapa hacia la armonización de los inventarios y sus proyecciones es la identificación de los factores clave, por lo que la evaluación de la consistencia se debe orientar al análisis documentado de las similitudes y diferencias entre las suposiciones y variables utilizadas en los inventarios y sus proyecciones. Un número de estas se indican a continuación aunque no todas son utilizadas en los inventarios y sus proyecciones:

- Tasa de crecimiento poblacional
- Proyecciones sobre consumo de combustibles
- Proyecciones sobre el Producto Interno Bruto
- Proyecciones o suposiciones sobre el ingreso
- Datos de actividad
- Factores de emisión
- Desarrollo tecnológico en el periodo de estudio
- Tasas de urbanización en el periodo de estudio
- Otras consideraciones

La segunda etapa consiste en buscar un procedimiento que permita evaluar la consistencia entre ambos inventarios y sus proyecciones. De no existir un procedimiento o método para llevar a cabo la evaluación de consistencia se indicó también que se usara una versión extendida del procedimiento usado por NREL como una evaluación preliminar de la consistencia entre inventarios.

## **INTRODUCCION**

El término “Armonización” en el contexto de los inventarios de emisiones define el hecho de poder normalizar o incrementar la comparación o convergencia entre inventarios. Esta tarea no siempre resulta fácil de conseguir particularmente entre inventarios diferentes como son los inventarios de gases de efecto invernadero y de

contaminantes del aire, esto es debido a que cada inventario utiliza diferentes estructuras para agrupar a las fuentes de emisión, diferentes unidades de actividad y factores de emisión, así como diferentes grados de detalle y controles de emisiones. Aunado a estas dificultades están las propias de los modelos utilizados para proyectar las emisiones.

Existe poca información publicada sobre el tema. En el Manual de Referencia de las Directrices revisadas de 1996 para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, en el capítulo 1 “Energía” sección “Generalidades” se hace mención a los esfuerzos que se realizan para armonizar las metodologías de estimación de emisiones y los formatos de reporte internacionales. Las metodologías referidas y que están en uso actualmente son:

- Las Directrices del PICC para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, y
- La Guía conjunta EMEP/CORINAIR para la Elaboración de los Inventarios de Emisiones Atmosféricas

Estas dos metodologías siguen los mismos principios básicos:

- Cobertura completa de las emisiones antropogénicas (CORINAIR considera también las emisiones naturales)
- Calcular los totales anuales de las emisiones nacionales por categoría de fuente
- Hacer una clara distinción entre las emisiones que son por consumo de energía y las que no son por consumo de energía
- Presentar la documentación completa y transparente que permita realizar una verificación detallada de los datos de actividad y los factores de emisión

Finalmente se menciona que a pesar de haber hecho un progreso considerable en la armonización de estas dos metodologías, aun quedan ciertos aspectos pendientes.

En México no existe hasta hoy en día un estudio relacionado directamente con la armonización de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire y mucho menos con sus proyecciones, aunque esta reportado un estudio sobre la armonización de opciones de control de emisiones titulado “Co-control de los contaminantes del aire urbano y gases de efecto invernadero en la Ciudad de México”,

realizado en el 2003 por personal del Instituto Nacional de Ecología en el marco del programa de Estrategias Ambientales Integradas promovido por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, describe en su capítulo 2 la creación de una base de datos armonizada de opciones de control de emisiones para la Ciudad de México [14].

Por otra parte el Instituto Nacional de Ecología con apoyo del Programa de Estrategias Ambientales Integradas (*Integrated Environmental Strategies Program*) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (*US Environmental Protection Agency, EPA*), y del Laboratorio Nacional de Energía Renovable en los Estados Unidos (*US National Renewable Energy Laboratory*), está desarrollando el Programa de Estrategias Ambientales Integradas en México, que en la primera etapa de la Fase IV de este programa, se instaló y adaptó un modelo de calidad del aire para México, con el propósito de poder disponer de una herramienta de análisis que permita evaluar el impacto que tendrían algunas medidas de control de emisiones sobre la calidad del aire a escala nacional en México. La segunda etapa de la Fase IV de este programa, incluye el desarrollo de las proyecciones del inventario nacional de emisiones, que serán usadas en la evaluación de diferentes escenarios de control a través del modelo de calidad del aire que ya se tiene, y cuyos resultados serán usados a su vez, como insumo de un modelo que estimará los impactos en salud.

Para poder alcanzar este objetivo, se requiere que las emisiones de contaminantes del aire y de gases de efecto invernadero y sus proyecciones, sean consistentes en lo posible de manera que se pueda garantizar así la correspondiente consistencia en la evaluación de las medidas de control. La tarea de valorar la consistencia entre inventarios y sus proyecciones debe ser la parte central de este reporte, sin embargo el alcance de la tarea no cubre los inventarios completos sino que está limitado solamente al análisis de las emisiones por consumo de combustibles en procesos y equipos de combustión, dentro de los diferentes sectores económicos del país que integran al gran sector de la Energía. En las secciones que siguen se describirán las diferentes etapas que permitirán aproximarnos en el mejor de los casos al establecimiento de la consistencia entre las emisiones tanto de gases de efecto invernadero y de gases contaminantes del aire como sus proyecciones en el sector Energía de México.

La estructura del reporte está integrada como sigue:

Sección 1, en esta sección se describen los pasos a seguir en el análisis para establecer claramente las diferencias y similitudes en las suposiciones hechas entre las emisiones y sus proyecciones.

Sección 2, aquí se realiza el análisis de consistencia de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire del sector Energía.

Sección 3, en esta sección se presentan los resultados del análisis de consistencia de las emisiones.

Sección 4, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Sección 5, se enlistan las referencias.

Sección 6, Anexos, en esta sección se presentan todos los cuadros y tablas referidos en el documento a favor de la continuidad en el texto

## **1.0 ANÁLISIS DE DIFERENCIAS Y SIMILITUDES EN INVENTARIOS**

Para poder establecer las diferencias y similitudes entre inventarios es preciso en primer lugar identificarlas a través de comparar los siguientes rubros:

- Estructura del Inventario y Tipos de Fuentes Involucradas
- Metodologías de estimación y Niveles de detalle
- Factores de emisión
- Gases considerados
- Año base de los inventarios y Área Geográfica cubierta

### **1.1 Estructura del Inventario y Tipos de Fuentes Involucradas**

La estructura de cada uno de los dos inventarios es diferente debido a la forma en que tanto los sectores como las fuentes de emisión son integrados en ellos. En el inventario de gases de efecto invernadero para México se sigue la misma estructura recomendada y descrita en el Manual de Referencia de las Directrices para la Preparación de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del PICC, donde tomando en cuenta las similitudes entre las varias categorías de fuentes y sumideros de emisiones existentes, estas son integradas en cada uno de los seis sectores que cubre el inventario, a saber:

- Energía
- Industria
- Uso de Solventes y Otros Productos
- Agricultura
- Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura
- Residuos

En la **Tabla A** se describen las actividades incluidas en cada sector, y las categorías de fuentes y sumideros de emisiones que están incluidas en el sector Energía, se presentan en la **Tabla B**.

Por lo que toca al inventario de emisiones de contaminantes del aire, la estructura está basada en una clasificación por tipo de fuente, y dentro de cada tipo de fuente se encuentran en primer lugar las categorías mayores de fuentes y en segundo lugar las categorías y subcategorías menores de fuentes de emisión. La clasificación contempla los siguientes cinco tipos de fuentes:

- Fuentes Puntuales
- Fuentes de Área
- Vehículos Automotores
- Fuentes Móviles que no circulan en carreteras
- Fuentes Naturales

Las categorías de fuentes de emisión presentes en el inventario nacional de contaminantes del aire se presentan en la **Tabla C**.

El análisis de estas dos estructuras hace evidente la necesidad de reagrupar las categorías de fuentes de emisión del inventario de contaminantes del aire de tal forma que puedan ser compatibles con las categorías del PICC tal y como se hizo con la Guía EMEP/CORINAIR para la Elaboración del Inventario de Contaminantes Atmosféricos, ver **Tabla D**.

La **Tabla E** representa el primer intento de concordancia entre las fuentes de emisión de los dos inventarios en lo que concierne al sector energía. Cabe señalar aquí que es muy

recomendable posiblemente en un trabajo futuro, completar el ejercicio para todo el inventario y comparar los estimados de las emisiones de los cuatro contaminantes comunes NO<sub>x</sub>, CO, COVNM, y SO<sub>2</sub> a nivel nacional debido a que el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero no se ha desarrollado a una escala menor (Estatad, Municipal) como ocurre con el inventario de contaminantes del aire.

## **1.2 Metodologías de Estimación y Niveles de detalle**

Para el estudio de los procedimientos de abatimiento y la formulación de opciones de políticas de abatimiento, son esenciales la identificación y la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por categoría de fuente y sector económico, junto con un entendimiento sólido de las condiciones de combustión en planta. La valoración de los efectos que tienen las emisiones sobre la atmósfera y el cambio en el clima requiere igualmente de datos detallados sobre la magnitud y la distribución espacial de las emisiones de contaminantes. Ambos conjuntos de requerimientos son cumplidos con la estimación de las emisiones de las actividades de combustión categorizadas por tipos de plantas a un nivel de detalle para el cual se puede especificar razonablemente un factor de emisión.

### **1.2.1 Metodologías para los Gases de Efecto Invernadero.**

Las metodologías de estimación de las emisiones en la combustión de combustibles son conocidas como métodos detallados de los Tiers 2 y 3, en ellos las fuentes de emisión se agrupan en dos categorías de fuentes – fuentes fijas o estacionarias y fuentes móviles, y los factores de emisión utilizados son factores de emisión ensamblados para ser representativos de estas categorías y se usaran en una fórmula sencilla común a la mayoría de los casos. Estas metodologías detalladas de estimación, fueron desarrolladas para todos los gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub>, sin embargo la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> puede hacerse en paralelo con las emisiones de los otros gases. El Método de Referencia proporciona un medio sencillo transparente y verificable de contabilizar todo el carbono en los combustibles que podría emitirse a la atmósfera. Por otro lado debido a lo complejo que resulta el cubrir todas las fuentes de combustión de combustibles y la obtención de los datos relacionados, no se sigue de manera automática que la suma de las emisiones de muchas fuentes detalladas produzca como resultado una cifra cercana a la obtenida con el Método de Referencia. En consecuencia, la verificación de los totales de CO<sub>2</sub> contra los del Método de Referencia es obligatoria en el sistema de reporte del PICC.

El uso de factores de emisión de carbono basado en el contenido de carbono del combustible, implica que también pueden ser necesarios ajustes sobre el carbono no oxidado dependiendo del proceso de combustión bajo consideración.

Al nivel de detalle de proceso, las cantidades de combustible consumido deberá conocerse o estar bastante bien estimado y las cantidades entregadas para la manufactura de productos no-energéticos serán identificadas y excluidas. Si este no es el caso, se necesitan hacer las estimaciones del carbono almacenado en productos manufacturados para asegurar que no se contabilicen por duplicado las emisiones.

Para trabajar sobre la emisión detallada de los gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> (particularmente los gases indirectos) y SO<sub>2</sub>, se debe consultar la extensa literatura sobre los factores de emisión y otros procedimientos de estimación que han sido desarrollados por otros programas de inventarios fuera del marco de trabajo del programa IPCC/OECD/IEA. Esos datos generalmente contienen mas detalles de tecnología que posteriormente se dividen por tamaño de las varias tecnologías. Para las fuentes móviles, los datos contienen mas detalles de los vehículos y las tecnologías de control y se dividen por condiciones de operación (antigüedad del catalizador, ciclos de manejo). La naturaleza de esas suposiciones de control deberá conocerse y hacer coincidir cuidadosamente con las condiciones reales en el país cuando se selecciona factores específicos para usarse.

### **1.2.1A Fuentes Estacionarias**

En esta categoría se consideran las emisiones de seis contaminantes (NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, y COVDM) generadas en grandes plantas por la combustión de combustibles comerciales (combustibles fósiles y biomasa). Las emisiones en actividades en sectores y sub-sectores dependerán del combustible, el tipo de tecnología y las políticas de control de la contaminación, estas también variaran con el tamaño y antigüedad de la tecnología de combustión, su mantenimiento y operación.

La estimación de las emisiones de fuentes estacionarias se basa al menos en tres conjuntos de suposiciones o datos: (1) factores de emisión; (2) Actividades energéticas; y (3) la participación relativa de tecnologías en cada una de las principales actividades energéticas. La contribución o participación de tecnologías para cada una de las varias actividades energéticas en necesaria al menos a nivel nacional para la estimación de los gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> debido a que los niveles de emisiones

son afectados por el tipo de tecnología. Sin embargo cada país debe desarrollar sus propias contribuciones de tecnologías para cada actividad energética. Los datos nacionales o suposiciones sobre las contribuciones de tecnologías de cada una de las principales categorías de fuentes del sector que han sido identificadas como importantes en cada país, son necesarios para crear el vínculo entre los balances nacionales de energía y los factores de emisión. Esto puede basarse en una recolección de datos de “abajo hacia arriba” a un nivel tan detallado como fuentes individuales o puede ser mas una asignación de “arriba hacia abajo” basada en muestreo estadístico. El objetivo es hacer coincidir el uso de combustible por tipo de combustible con tecnologías específicas o clases de tecnologías para las que puedan proporcionarse factores de emisión creíbles de gases que no son CO<sub>2</sub>.

Los factores de emisión de los gases de efecto invernadero que no son CO<sub>2</sub> en las actividades de combustión varían en mayor o menor grado con (1) el tipo de combustible; (2) la tecnología; (3) las condiciones de operación; y (4) el mantenimiento y antigüedad de la tecnología, representando así el comportamiento promedio de emisión de tecnologías similares.

### **1.2.1B Fuentes Móviles**

Las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM) son más fácilmente estimadas para la mayor actividad en transporte (vehículos automotores, aviones, ferrocarril y barcos). Sin embargo debido a que el transporte por carretera y la aviación representan el mayor consumo de combustibles en las fuentes móviles, se le ha dado mayor prioridad al desarrollo de inventarios y modelos de emisión para estos dos modos de transporte.

A pesar de los avances logrados hasta hoy en día, es necesario más trabajo para llenar los espacios vacíos de conocimiento tanto de las emisiones de ciertos tipos de vehículos como de los efectos del envejecimiento sobre el control catalítico de las emisiones en vehículos automotores. De igual manera existe poca información sobre los factores de emisión adecuados para el transporte por carretera en los países en desarrollo donde la edad de la flota, el mantenimiento y los patrones de uso son diferentes a aquellos de los países industrializados.

Las tablas de factores de emisión para los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM) incluidas en las Directrices para los Inventarios Nacionales de

Gases de Efecto Invernadero permiten la estimación de las emisiones para el nivel de detalle de Tier 2. La estimación sin embargo toma en consideración muchos parámetros entre los que se incluyen: (1) la clase de transporte; (2) el combustible consumido; (3) las características de operación; (4) los controles de emisiones; (5) los procedimientos de mantenimiento y (6) la edad de la flota. La necesidad de datos de estos parámetros y la amplia variedad de condiciones que pueden afectar el funcionamiento de cada categoría de fuente móvil hace muy difícil la generalización de sus características de emisión. Además dentro del sector transporte es menos probable que la principal medida de actividad sea el consumo de combustible como en otros sectores.

Los pasos a seguir en la estimación de las emisiones en vehículos automotores son:

- La cantidad de energía consumida por tipo de combustible para los mayores modos de transporte se determina usando datos nacionales o datos reportados en fuentes internacionales (los valores deben reportarse en TJ).
- Para cada tipo de combustible se determina la cantidad de energía que es consumida por cada tipo de vehículo automotor (en unidades de TJ). Si la medida de actividad es la distancia recorrida, entonces se determina la distancia total recorrida por cada tipo de vehículo y la energía consumida asociada a las cifras de distancia recorrida se calculan y se agregan por tipo de combustible para compararla con las cifras de los balances nacionales de energía. De ser necesario cada tipo de vehículo se subdivide en no controlado y en clases clave de tecnología de control de emisiones.
- La cantidad de energía consumida o la distancia recorrida por cada categoría de vehículos o vehículos/tecnologías de control, se multiplica por el factor de emisión adecuado para esa categoría. Cuando no se dispone de factores de emisión locales en un país, se pueden utilizar como punto de partida los factores de emisión indicados en las tablas.
- Las emisiones de cada contaminante de cada una de las categorías de combustible y tipo de tecnología incluyendo todos los niveles de control de emisiones, se pueden sumar para determinar las emisiones totales de las actividades relacionadas con las fuentes móviles.

Las tablas de factores de emisión por omisión resumen los resultados de un análisis detallado de los factores de emisión para fuentes móviles que cubren a los vehículos y

condiciones de Estados Unidos y Europa. Los factores de emisión fueron desarrollados utilizando respectivamente los modelos de emisiones vehiculares MOBILE y COPERT en sus versiones más recientes.

En resumen, las metodologías aquí descritas se han usado en la preparación tanto del inventario para México como en las actualizaciones hechas al mismo. La utilización de estas metodologías para preparar los inventarios nacionales de muchos países en el mundo, asegura que el nivel de confianza en la utilización de ellas es alto permitiendo además que la comparación de los inventarios entre países sea consistente.

### **1.2.2 Metodología para los Contaminantes del Aire.**

Las metodologías utilizadas en la elaboración de un inventario de contaminantes del aire han sido desarrolladas dentro del Programa de Mejoras de los Inventarios de Emisiones (EIIP siglas en inglés) en los Estados Unidos y del Programa de Inventarios de Emisiones Atmosféricas (CORINAIR) en Europa. En México se han adecuando las metodologías estadounidenses, éstas son las descritas en los Manuales IV, V, y VI del Programa de Inventarios de Emisiones para México que fueron preparados por Radian International LLC [1, 2, 3]. Las metodologías son específicas para preparar los inventarios de emisiones de cada tipo de fuente (puntuales, de área, vehiculares, y móviles que no circulan por carretera). Estas metodologías han sido utilizadas para el desarrollo del inventario de emisiones de los seis estados fronterizos así como aquellos de las zonas metropolitanas del país. La identificación de las categorías de fuentes de emisiones está basada en dos sistemas de codificación, el Sistema de Clasificación Industrial para América del Norte (SCIAN) para las fuentes puntuales, y el Sistema de Codificación y Clasificación de Fuentes (SCC siglas en inglés) aplicable a las fuentes de área, vehículos automotores, fuentes móviles que no circulan por carretera, y fuentes naturales. En el sistema SCC un código de diez dígitos integrados en cuatro niveles permite hacer una buena identificación de las fuentes.

El primer nivel tiene asociados los dos primeros dígitos que representan las siguientes categorías – 21 para las fuentes estacionarias de combustión; 22 para las fuentes móviles; 23 para los procesos industriales; 24 para el uso de solventes; 25 para el almacenamiento y transporte; 26 para la disposición de residuos; 27 para las fuentes naturales y 28 para las fuentes misceláneas. El segundo nivel tiene asociados los siguientes dos dígitos que indican el tipo de fuente, el tercer nivel tiene asociados los tres dígitos siguientes y representan el tipo de combustible, finalmente el cuarto nivel

tiene asociados los tres últimos dígitos y representan el tipo de equipo de combustión. Estas metodologías para estimar las emisiones en los diferentes tipos de fuentes consideradas en el inventario están bien sustentadas y son usadas principalmente para preparar los inventarios nacionales, estatales y locales, en consecuencia el nivel de confianza de estas metodologías también es alto. Esfuerzos recientes en Canadá, Estados Unidos y México están enfocados hacia la armonización de los inventarios entre estos países.

### **1.3 Factores de Emisión**

El siguiente tema a tratar es el análisis de las diferencias o similitudes de los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones en ambos inventarios. Como ya se menciono con anterioridad, el PICC ha recopilado un vasto número de factores de emisión por tipo de tecnología para aquellos gases diferentes al CO<sub>2</sub> incluyendo todos aquellos factores que resultan de los análisis nacionales e internacionales de las políticas alternativas de control para las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COVDM. Factores específicos pueden aplicarse para estimar las emisiones producidas por las tecnologías utilizadas en los diferentes sectores, siempre que éstas sean parecidas o similares a las utilizadas para el cálculo de los factores de emisión reportados en la base de datos del PICC. Para el caso de México, se definieron los factores de emisión a usar con base en el análisis realizado sobre las fuentes de combustión estacionaria que operan en el sector industrial y en el sector energético, durante la reunión celebrada en la Ciudad de México en el año 2000 entre expertos del Banco Mundial, la Secretaria de Energía y el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En las Tablas **1, 2, 3, 4** y **5** se presentan los factores de emisión usados en la estimación de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero tanto en el inventario del sector energía como en su actualización al año 2002. Para el caso de las industrias de la energía, los factores de emisión se seleccionaron de la tabla 1-15 “Funcionamiento de la Fuente Calderas de Servicio Público” del Manual de Referencia de las Directrices de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del PICC. Para el caso de las industrias de manufactura, los factores de emisión se tomaron de la tabla 1-16 “Funcionamiento de las Calderas Industriales”, para los sectores comercial, residencial y agrícola, los factores de emisión se seleccionaron de las tablas siguientes 1-7, 1-8, 1-9, 1-10 y 1-11 todas ellas del Manual de Referencia. La estimación de las emisiones de SO<sub>2</sub> se hace aplicando un factor de emisión que toma

en cuenta el contenido de azufre del combustible. El algoritmo de cálculo del factor de emisión es como sigue:

$$FE_{SO_2} \left[ \frac{kg}{TJ} \right] = 2 \times \left( \frac{s}{100} \right) \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \left( \frac{100-r}{100} \right) \times \left( \frac{100-n}{100} \right)$$

$$2 = \frac{PM_{SO_2} \left[ \frac{64 kg}{32 kg} \right]}{PM_S}$$

Contenido de azufre en el combustible – s (%)

Valor calorífico neto – Q (TJ/kt)

10<sup>6</sup> - Factor de conversión de unidades (kt a kg)

Retención de azufre en la ceniza – r (%)

Eficiencia de la tecnología de abatimiento o eficiencia de la reducción – n (%)

Para las fuentes móviles, la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de los combustibles (gasolina, gas licuado de petróleo, diesel y gas natural) en el motor de combustión interna, requiere de los factores de emisión de carbono y de las fracciones de carbono no oxidado, reportados en las tablas 1-1 y 1-6 del Manual de Referencia del PICC. Para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los factores de emisión están basados en la tecnología de control de emisiones usado en cada tipo de vehículo. Las buenas prácticas recomiendan que se calcule un factor de emisión para cada tipo de combustible y tipo de vehículo en función de la variedad de motores de combustión interna que existen en el país así como de las tecnologías de control de emisiones asociadas a los vehículos.

Por otra parte, en México un cambio muy importante en la tecnología vehicular ocurrió en la década pasada en un esfuerzo por mitigar las emisiones vehiculares. El cambio se refiere a la introducción de vehículos a gasolina con convertidor catalítico para reducir las emisiones de CO, Hidrocarburos totales (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx) resultado de la quema de gasolina en los motores de combustión interna de los vehículos. Los efectos benéficos en las emisiones no fue posible evaluarlos usando los factores de emisión por defecto del PICC para los gases que no son CO<sub>2</sub> (CO, NOx, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM) en consecuencia fue necesario buscar alternativas que permitan solucionar este problema. Una opción es usar el método de Tier 2 para estimar las emisiones del transporte que circula por carretera para los años 2000, 2001 y 2002, sin

embargo no fue posible para este nivel de desagregación calcular la serie de tiempo completa. Por otro lado, la Orientación de las Buenas Prácticas y Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del PICC, es muy clara en señalar que las series de tiempo deben ser consistentes. Asimismo en su sección 7.3.2.2 “Técnicas Alternativas de Recálculo” donde se describen varias alternativas para vencer esta situación. Lo primero que se sugiere es valorar las circunstancias para cada caso y determinar la mejor alternativa, también sugiere el desarrollo de un procedimiento personal de acuerdo a las circunstancias que indique que opciones normales pueden ser útiles cuando las condiciones técnicas cambien en el curso de las series de tiempo, por ejemplo cuando se introducen nuevas tecnologías de mitigación.

El procedimiento usado para ajustar las series temporales de emisiones del transporte que circula por carretera, fue a través de simulaciones realizadas con los factores de emisión de Tier 1 para los gases que no son CO<sub>2</sub> (CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM), el ajuste se hizo tomando en cuenta el comentario (d) sobre el factor de emisión para N<sub>2</sub>O de la tabla 1-8 del Manual de Referencia “cuando hay una proporción significativa de vehículos con catalizador de tres vías en el país, los factores de emisión deberán incrementarse de acuerdo a esa proporción”. Los factores de emisión para los motores de dos tiempos pueden ser tres veces más altos que para motores de cuatro tiempos.

Este hecho corresponde al importante cambio tecnológico que ocurrió en la pasada década en México en relación a la incorporación de automóviles y camiones ligeros a gasolina con convertidor de tres vías a la flota vehicular nacional. La proporción de vehículos con convertidor catalítico de tres vías se determinó desde 1993, luego se calcularon los nuevos factores de emisión a través de algoritmos desarrollados para cada gas. Los algoritmos en esencia son promedios ponderados de los factores de emisión usados en vehículos sin convertidor catalítico y vehículos con convertidor catalítico. Para los otros combustibles se utilizaron los factores de emisión por defecto.

Las Tablas 6 y 7 muestran los factores de emisión usados en la estimación de las emisiones de gases que no son CO<sub>2</sub>, y SO<sub>2</sub> para los vehículos en México.

Para el caso de los contaminantes del aire, tampoco se dispone de factores de emisión propios, por lo que los factores de emisión utilizados en el inventario son los factores que están reportados en el volumen I correspondiente a las fuentes puntuales y de área de la quinta edición del AP-42, mientras que en el volumen II sección I, se

encuentran los factores de emisión generados por el Modelo de Factores de Emisión MOBILE5 para varias condiciones, y en la sección II se encuentra información sobre los factores de emisión para un amplio rango de fuentes móviles que no circulan en carretera [4]. Para México estas dos últimas categorías de fuentes, el Grupo de Investigación en Energía (ERG siglas en inglés) adaptaron los modelos MOBILE6 y NONROAD a las condiciones que prevalecen en México lo que dio origen a los modelos MOBILE6-México y NONROAD-México que se utilizan para generar los factores de emisión representativos para México.

Con el propósito de comparar los factores de emisión utilizados en cada sector para estimar las emisiones por combustión es necesario convertir los factores expresados en masa de contaminante emitido por unidad física de actividad a masa de contaminante emitido por unidad de energía consumida o producida es decir de libras/tonelada o libras/1000 galones de combustible a kilogramos/TJ de energía

#### **1.4 Gases considerados**

En el inventario de gases de efecto invernadero se estiman las emisiones de los gases de efecto invernadero directo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , HFCs, PFCs, y  $\text{SF}_6$ ), las emisiones de gases de efecto invernadero indirecto (CO,  $\text{NO}_x$ , y COVDM), y las emisiones de  $\text{SO}_2$ . Por otra parte en el inventario de gases contaminantes del aire se estiman las emisiones de los siguientes gases: CO,  $\text{NO}_x$ , GOT,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{NH}_3$ .

Las emisiones de gases comunes que pueden compararse entre inventarios son aquellas de CO,  $\text{NO}_x$ , COVDM, y  $\text{SO}_2$ .

#### **1.5 Año base de los inventarios y Área Geográfica cubierta**

El año base para el desarrollo del inventario de gases de efecto invernadero fue 1990, mientras que para el inventario de gases contaminantes del aire fue 1999. En el primer caso la elección fue en base a los requerimientos establecidos por el PICC para el reporte de los inventarios de emisiones de los países tanto del Anexo 1 como los no incluidos en dicho Anexo con propósitos de comparar los inventarios entre países. Para el caso del inventario de contaminantes del aire la elección se hizo considerando que para ese año existía información técnica suficiente para la mayor parte de las instalaciones que existen en el país así como de los combustibles consumidos.

En cuanto a la cobertura geográfica, el inventario de gases de efecto invernadero tiene hasta ahora la cobertura nacional aunque recientemente se están haciendo esfuerzos

por impulsar la aplicación de las metodologías a la escala estatal. Por lo que se refiere al inventario de contaminantes del aire, este cubre tanto el nivel nacional como el nivel estatal y municipal debido a que este inventario debe utilizarse entre otras cosas para alimentar modelos de calidad del aire cuyos resultados serán a su vez alimentados a un modelo que permita cuantificar los efectos en salud.

En forma resumida se presentan las diferencias y similitudes existentes entre los inventarios de gases de efecto invernadero y de contaminantes del aire aquí discutidas.

Parámetros/Variable	INEGEI	INEM
Año Base	1990	1999
Año en que se realizó el primer inventario nacional	1995	1999
Número de veces en que se ha actualizado el inventario	2	0
Metodologías utilizadas	Metodologías sectoriales con nivel de detalle 2 o3 del PICC	Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México
Factores de emisión	PICC y Propios	AP-42
Tipos de fuentes	Combustión Estacionaria Combustión Móvil	Fuentes Puntuales Fuentes de Área Vehículos Automotores Fuentes Móviles que no circulan por carretera Fuentes Naturales
Categorías de fuentes consideradas	Todas las incluidas en cada sector	Todas las incluidas en cada tipo de fuente
Unidades utilizadas para reportar los datos de actividad	energía	físicas
Fuentes de información de los datos de actividad	PEMEX, CFE, SENER, SEMARNAT	PEMEX, CFE, SENER, SEMARNAT
Sectores considerados	Energía Industrial Uso de solventes y otros productos Agricultura Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura Desechos	Residencial Comercial Institucional Industrial Agrícola Transporte
Cobertura geográfica	Nacional	Nacional/Estatal/ Municipal
Resolución temporal	Ninguna	Estacional, diaria
Contaminantes	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CO, COVDM, SO <sub>2</sub> , HFCs, PFC, SF <sub>6</sub>	NO <sub>x</sub> , CO, COT, GOR, SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NH <sub>3</sub>

La conclusión de este análisis es que se requiere mayor detalle en la descripción de algunas categorías de fuentes en los inventarios para poder ubicarlas en los sectores

que correspondan y poder así favorecer la concordancia entre categorías de fuentes en los inventarios y poder integrar en un futuro las mejores metodologías utilizadas de cada inventario para estimar las emisiones tanto de gases de efecto invernadero como de gases contaminantes del aire.

## **2.0 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE CONTAMINANTES DEL AIRE DEL SECTOR ENERGÍA**

En el documento “Directrices para la Preparación de las Comunicaciones Nacionales de las Partes incluidas en el Anexo 1 de la Convención, Primera Parte: Directrices de la Convención Marco para la Presentación de Informes sobre los Inventarios Anuales” [5], se señalan los criterios que deben ser satisfechos por todos los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero cuando estos se someten a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático UNFCCC (siglas en inglés), para su análisis y validación. Los mismos criterios de calidad que se exigen para los inventarios de gases de efecto invernadero deberán ser aplicables a los inventarios nacionales de contaminantes del aire. A continuación se describen cada uno de los criterios de calidad requeridos:

- La Transparencia – Todas las hipótesis y metodologías utilizadas en un inventario deben ser explicadas con toda claridad para facilitar así la reproducción y evaluación del inventario por todas aquellas personas que sean usuarias de la información suministrada. Este criterio es fundamental para que tenga éxito el proceso de comunicación y examen de la información.
- La Exhaustividad – El inventario debe cubrir todas las categorías de fuentes y sumideros, y todos los gases considerados en las Directrices del PICC para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, así como otras categorías pertinentes de fuentes y sumideros que son específicas de determinadas Partes (es decir Países). Exhaustividad también significa información geográfica total sobre las fuentes y sumideros de una Parte.
- La Comparabilidad – Todas las estimaciones de emisiones y absorciones que las Partes informen en sus inventarios deben ser comparables entre las Partes. Esto significa que las Partes deben utilizar las metodologías y formatos

acordados por la Conferencia de las Partes para estimar los inventarios e informar sobre ellos.

- La Consistencia – Un inventario debe ser consistente (congruente) internamente en todos sus elementos por un periodo de varios años. La consistencia en los inventarios significa que en la estimación de las emisiones o remociones de fuentes o sumideros, se deben utilizar tanto para el año base como para todos los años subsiguientes las mismas metodologías así como también conjuntos de datos (actividad y factores de emisión) consistentes, y solo bajo las circunstancias citadas en los párrafos 15 y 16 de FCCC/SBSTA/2004/8 [5] se podrá considerar que un inventario donde se hayan utilizado metodologías diferentes en años diferentes sea consistente, si los nuevos cálculos se han hecho de manera transparente teniendo en cuenta algunas de las buenas prácticas.
- La Exactitud – es una medida relativa de la precisión de una estimación de emisión o absorción. Las estimaciones deben ser exactas en el sentido de que no sean estimaciones que queden sistemáticamente por encima o por debajo de las emisiones auténticas, y que las incertidumbres se hayan reducido en lo posible. En consecuencia se deben utilizar metodologías adecuadas que cumplan con las orientaciones sobre buenas prácticas a fin de promover la exactitud de los inventarios.

### **2.1 Consistencia en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero.**

En la elaboración del inventario nacional de gases de efecto invernadero y sus actualizaciones se han aplicado de manera sistemática tanto los criterios descritos en las Directrices para la Preparación de las Comunicaciones Nacionales de las Partes incluidas en el Anexo 1 de la Convención, Primera Parte: Directrices de la Convención Marco para la Presentación de Informes sobre los Inventarios Anuales, como las metodologías de estimación de las emisiones específicas para cada sector reportadas en las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, utilizando conjuntos coherentes de datos de actividad y de tecnologías, así como de factores de emisión. En el inventario correspondiente al sector Energía, las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, NO<sub>x</sub>, COVDM y SO<sub>2</sub>, se estimaron para cada uno de los años que cubre el periodo 1990 a 2002, utilizando las mismas metodologías, niveles de

detalle y los conjuntos coherentes de datos de actividad y de factores de emisión tal y como lo exige el criterio de coherencia.

En cuanto a la consistencia sobre las fuentes de información que proveen de información oficial a organizaciones, instituciones y entidades nacionales e internacionales. La Secretaría de Energía (SENER), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Economía (SE) son las principales dependencias gubernamentales que proporcionan la información oficial sobre los energéticos producidos y consumidos en el país. En consecuencia los datos de consumos de combustibles reportados tanto en los Balances Nacionales de Energía como en los Anuarios Estadísticos de Pemex y de la CFE, se consideran confiables. La conversión de los datos de producción y consumo expresados en unidades físicas (anuarios estadísticos de Pemex y CFE) a unidades de energía se hace a través del poder calorífico de cada combustible reportado en los Balances Nacionales de Energía para el año considerado.

En la Tabla **F** se presentan los consumos de combustibles por sector en unidades de energía (PJ) para los años 1999 y 2002 los cuales fueron extraídos de los Balances Nacionales de Energía. En este cuadro el rubro “Generación” se refiere a las unidades generadoras de electricidad tanto publicas (CFE y LFC) como particulares (PIE), las plantas de CFE y LFC consumen carbón térmico, diesel, combustóleo y gas natural mientras que las plantas de PIE consumen diesel y gas natural. En el rubro “Industrial” están integradas tanto las industrias de manufactura como la construcción, en esta última el consumo de combustibles se atribuye a los equipos fijos y móviles utilizados en esta industria, mientras que en el rubro “Agrícola” los consumos de combustibles están vinculados a los equipos fijos y móviles utilizados en el sector agrícola. Los consumos reportados en los rubros “Refinación”, “Coquizadoras” y “Plantas de Gas” son los combustibles utilizados para proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de las varias plantas y equipos presentes en esas instalaciones.

Las cifras de carbón corresponden al carbón térmico consumido en las plantas carboeléctricas para la generación de electricidad. Las cifras de coque corresponden al coque de carbón consumido en el sector industrial y el consumido en las plantas Coquizadoras. Las cifras de gasolina para el transporte corresponden al consumo en vehículos automotores, motocicletas y aviones, y en la refinación al consumo en motores de combustión interna.

En el rubro “Transporte” se incluyen los consumos totales de los diferentes combustibles utilizados en los cinco modos de transporte (vehículos automotores, aeronaves, barcos, ferrocarril, metro). La metodología de estimación de emisiones para este sector requiere que se haga una separación de los consumos de combustible reportados para los modos de transporte aéreo y marítimo en consumo nacional y consumo internacional.

Las metodologías y los niveles de detalle utilizados para estimar las emisiones de los gases de efecto invernadero del sector Energía arrojaron los siguientes resultados.

1. Las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la combustión se obtuvieron utilizando dos procedimientos – el Método de Referencia y el Método Sectorial – en el primer método no importa si se conoce o no de manera exacta como se usa el combustible o cuáles son las etapas intermedias en la transformación. Lo importante es conocer la cantidad global neta de carbono que se transforma a CO<sub>2</sub>. En el segundo método, las emisiones se obtienen por sectores aplicando la metodología utilizada para estimar las emisiones de los gases que no son CO<sub>2</sub> este segundo método sirve para comprobar la estimación hecha por el primer método.
2. Las emisiones de gases que no son CO<sub>2</sub>, se obtienen en forma agregada por combustible y por sector, utilizando factores de emisión representativos de los diferentes tipos de tecnologías utilizadas en los diferentes sectores.
3. Para las emisiones de SO<sub>2</sub> se utiliza la siguiente expresión para estimar el factor de emisión para cada tipo de combustible:

$$FE_{SO_2} \left[ \frac{kg}{TJ} \right] = 2 \times \left( \frac{s}{100} \right) \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \left( \frac{100 - r}{100} \right) \times \left( \frac{100 - n}{100} \right)$$

$$2 = \frac{SO_2 [kg]}{S [kg]}$$

Contenido de azufre en el combustible – s (%)

Retención de azufre en la ceniza – r (%)

Valor calorífico neto – Q (TJ/kt)

10<sup>6</sup> es el factor de conversión de unidades kt a kg

Eficiencia de la tecnología de abatimiento o eficiencia de la reducción – n (%)

4. Las emisiones para los vehículos automotores se calcularon para los cuatro tipos de combustibles utilizados (gasolina, diesel, gas licuado de petróleo y gas natural). Para los vehículos automotores a gasolina se modificaron los factores de emisión por defecto a partir de 1993, año en que entraron en operación los vehículos con catalizador de tres vías. Para los otros combustibles se aplicaron los factores de emisión por defecto reportados en el Manual de Referencia del PICC. Para el caso del factor de emisión de SO<sub>2</sub>, este fue calculado para la gasolina y el diesel debido a que estos combustibles exhiben un contenido de azufre diferente para cada clase de gasolina y diesel consumidos.
5. Las emisiones generadas en el transporte aéreo y marítimo nacional e internacional se calcularon por separado, tal y como lo señalan las Directrices del PICC. La estimación se realizó sin hacer una separación de los tipos de aeronaves ni sus motores, considerando el número total de ciclos de ascenso – descenso de aeronaves nacionales e internacionales, la proporción de vuelos nacionales e internacionales y el consumo total de combustible (querosenos). La metodología por defecto reportada en el Manual de Referencia del PICC no contiene factores de emisión para SO<sub>2</sub> por lo que no se estimaron.

En las Tablas 8 y 9 se presentan las emisiones resultantes de la aplicación de las metodologías y factores de emisión discutidos para los años 1999 y 2002. En resumen, el inventario de gases de efecto invernadero para el sector energía es internamente consistente y puede ser comparado con los inventarios de otros países que utilicen las mismas metodologías de cálculo.

## **2.2 Consistencia en el Inventario de Emisiones de Contaminantes del Aire**

Como ya se menciona en párrafos anteriores en este reporte, el inventario nacional de emisiones de contaminantes del aire para México tiene una estructura general integrada por cinco grandes categorías – Fuentes Puntuales; Fuentes de Área; Vehículos Automotores; Fuentes Móviles que no transitan por carretera y Fuentes Naturales. Cada

una de estas categorías esta a su vez conformada por una serie de fuentes con características similares.

En conformidad con la definición de fuente puntual referida como toda aquella instalación establecida en un solo lugar cuya jurisdicción puede ser federal, estatal o municipal y cuyo propósito es el desarrollo de (1) procesos industriales, (2) actividades comerciales, o de servicio, o (3) actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes que se descarguen a la atmosfera a través de chimeneas, ductos de venteo o fuentes fugitivas no confinadas, en cantidades que sobrepasen a la cantidad especificada en alguna base consistente.

Algunas bases consistentes para determinar la cantidad especificada de emisiones de referencia son las siguientes:

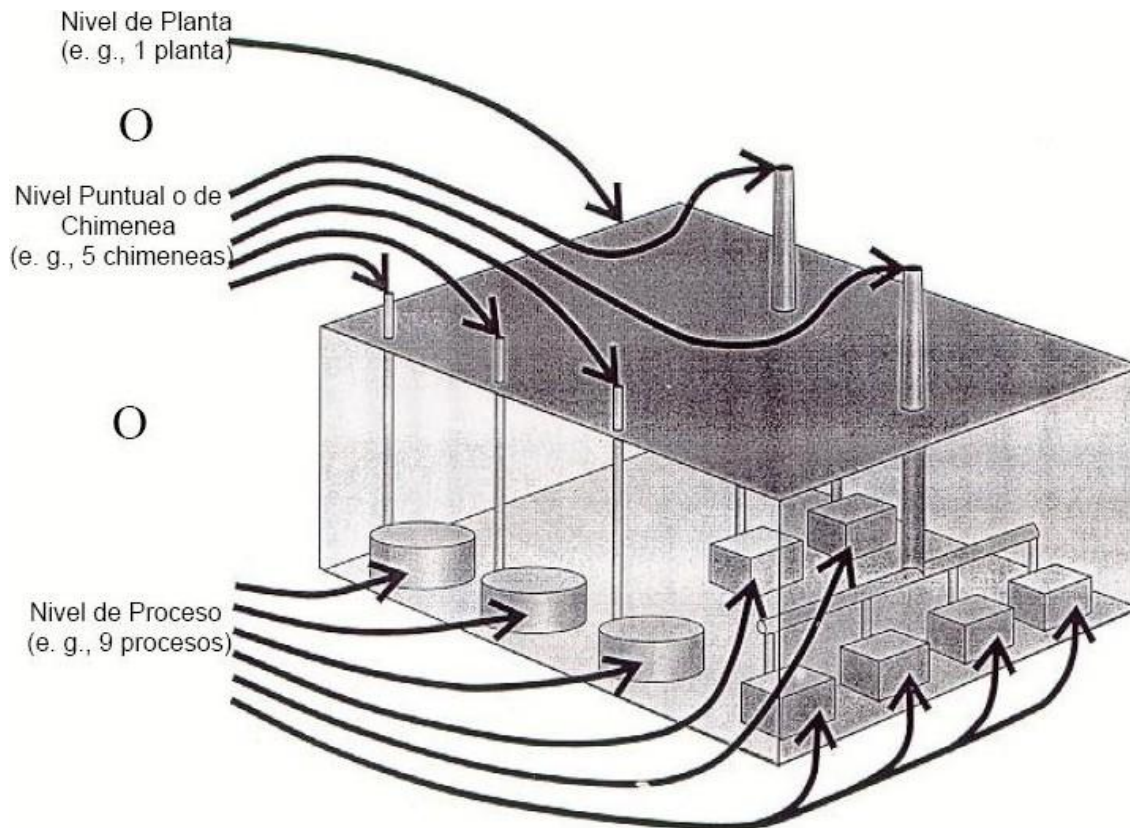
- Emisiones reales (lo que realmente se emitió en un periodo de tiempo anterior)
- Emisiones permisibles (lo máximo permisible conforme a los limites regulatorios)
- Emisiones potenciales (lo que se emitiría si se operara a tiempo completo sin equipo de control)

Estas bases al tomar en cuenta los diferentes niveles de severidad del problema de la calidad del aire o lo estricto que sea el programa de regulación, pueden variar dependiendo de la región donde aplica la regulación.

En general, la información sobre las fuentes puntuales se recopila mediante encuestas y las fuentes puntuales pueden inventariarse bajo tres niveles de detalle.

- A Nivel de Planta
- A Nivel de Punto o Chimenea
- A Nivel de Proceso

En la figura siguiente se presentan gráficamente los tres niveles arriba descritos



En el primer nivel de detalle cada planta dentro del área debe identificarse y asignársele un identificador único de planta, así como su identificación por descriptores geográficos tales como el estado y/o municipio, dirección física o de correo y coordenadas UTM o latitud y longitud.

En el segundo nivel de detalle, cada chimenea, ventila u otro punto de emisión deberá identificarse como un punto de emisión dentro de una planta y recibir un identificador único dentro del inventario, además la siguiente información debe recabarse para cada punto de emisión en un inventario completo o para programas de modelado – (1) localización (latitud/longitud o coordenadas UTM), (2) altura del punto de emisión, (3) diámetro del punto emisor, (4) tasa de emisión, (5) temperatura del gas de salida, (6) velocidad del gas de salida o tasa de flujo volumétrico del punto de emisión.

En el tercer nivel de detalle, la información necesaria para establecer un inventario para este nivel incluye lo siguiente: (1) información de identificación del proceso, (2) datos del nivel de proceso (como son las materias primas, las corrientes de proceso, y las propiedades de los productos), (3) los datos de tasa de operación incluyendo la tasa o capacidad actual, máxima y de diseño, (4) datos de propiedades y uso de combustibles

(ceniza, azufre, elementos traza, contenido calorífico, etc.), (5) identificación de todo el equipo de control de la contaminación del aire y sus eficiencias de control y colecta asociados (medidas o de diseño), (6) identificación del método de estimación o referencia usado para desarrollar cada estimado de emisión, y (7) información de los productos finales.

Hay cuatro técnicas fundamentales para estimar las emisiones de las fuentes puntuales:

- Factores de emisión
- Prueba de fuentes
- Balance de materia, y
- Modelos de emisiones

Estas están ampliamente descritas en el volumen III de los Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México [6] por lo que solo se mencionaran algunos aspectos relevantes a la técnica de factores de emisión.

- Las emisiones calculadas para un proceso dado usando factores de emisión, tienden a diferir de las emisiones reales de un establecimiento, debido a que los estimados son menos precisos que las mediciones en pruebas de fuente.
- El uso de factores de emisión arroja estimados superiores a los valores reales para algunas fuentes e inferiores para otras.
- Los factores de emisión con frecuencia se basan en información limitada y posiblemente no representen con fidelidad las emisiones reales.
- Cuando los factores de emisión son utilizados para proyectar las emisiones de fuentes nuevas o propuestas, es preciso revisar la literatura y tecnología más reciente para determinar si tales fuentes tendrían características que las diferencien de las fuentes típicas.
- El cálculo de emisiones con factores de emisión requiere los siguientes datos (1) información de la actividad del proceso acorde con el factor de emisión considerado, (2) el factor de emisión para traducir la información de la actividad en estimados de emisiones controladas o no controladas, (3) los valores de la eficiencia de captura y de control que permitan construir las bases para estimar

las emisiones después de que estas han pasado por el equipo o equipos de control, si se está aplicando un factor de emisiones no controladas.

- La precisión de los estimados de emisiones depende de la precisión relativa de cada uno de sus componentes individuales.

Por otra parte, en conformidad con la definición de fuentes de área dada en el Manual de Fuentes de Área [2] que cubre tanto las fuentes de área propiamente dichas como las fuentes móviles que no circulan por carretera, se tiene que las fuentes de área representan a las fuentes de emisión que son demasiado numerosas, pequeñas y que están dispersas por lo que no pueden ser incluidas dentro de un inventario de fuentes puntuales. Sin embargo en conjunto las fuentes de área son emisores significativos de contaminantes del aire, y estos deben incluirse dentro del inventario nacional de emisiones para asegurar que este esté completo. Las fuentes móviles que no circulan por carretera se incluyen dentro de las fuentes de área estacionarias, debido principalmente a que los métodos utilizados para estimar sus emisiones son muy similares a los usados en las fuentes de área estacionarias.

La metodología utilizada para los vehículos automotores difiere de manera significativa por lo que no se incluye en las metodologías para fuentes de área.

Un inventario de fuentes de área consiste en general de las siguientes amplias categorías donde se colocan las emisiones de fuentes similares:

- Combustión en fuente estacionaria
- Fuentes móviles que no circulan por carretera
- Uso de solventes
- Almacenamiento, transporte y distribución de productos
- Fuentes industriales ligeras y comerciales
- Agricultura
- Manejo de residuos
- Fuentes de área misceláneas

Cada una de estas categorías contiene sub-categorías de fuentes mas específicas que son definidas por un proceso de emisión similar o bien por la similitud de los métodos de

estimación de las emisiones. Desde la perspectiva de una estimación de emisiones, las categorías de fuentes de área pueden organizarse en los siguientes cuatro grupos:

- Operaciones Primarias de Manufactura
- Operaciones Clave de Proceso
- Actividades Humanas no Industriales
- Fuentes Móviles que no Circulan por Carretera

#### Operaciones Primarias de Manufactura

Este grupo está integrado por los establecimientos de manufactura que son demasiado pequeños para poderlos integrar al inventario de fuentes puntuales. Estas fuentes son inventariadas a través de encuestas realizadas a un subgrupo de ellas y extrapolar los resultados para toda la industria mediante un factor que se suponga esté asociado a las emisiones (número de empleados, magnitud de la producción, etc.).

#### Operaciones Clave de Proceso

A este grupo pertenecen aquellas operaciones de proceso que son manejadas como un grupo sin intención de identificar el tipo de establecimiento y los productos manufacturados. Un ejemplo es la industria de desengrasado cuyas emisiones resultan del uso de solventes en tinas, limpieza por aspersion y secado, u otras operaciones en una amplia variedad de establecimientos, lo que hace impráctica la identificación del uso de desengrasantes en el sector industrial.

#### Actividades Humanas no Industriales

En este grupo se incluyen las emisiones que ocurren en extensas regiones geográficas como resultado de alguna actividad humana. Ejemplos de esto es el uso de pesticidas y la aplicación comercial y domestica de solventes.

#### Fuentes Móviles que no Circulan por Carretera

A este grupo pertenecen aquellas categorías de fuentes que tienen motores de combustión interna y son móviles pero que no tienen licencia para circular por carreteras. Las categorías de fuentes obvias incluidas en este grupo son los aviones, las locomotoras y las embarcaciones marítimas comerciales. Otras categorías de fuentes incluidas son los equipos agrícolas, de construcción y recreativos. Ejemplos son los tractores, moto-conformadoras y botes.

A continuación se presenta una descripción resumida de las fuentes de emisión de cada categoría y las técnicas de estimación de las emisiones.

Las emisiones de cada fuente pueden ocurrir en una gran variedad de formas. El quemado de combustibles puede tener lugar en una caldera, una chimenea, un motor de combustión interna, o en una fuerza móvil que no circula por carretera (locomotora, embarcación marítima, o avión). Las emisiones por uso de solventes ocurren por evaporación, estas pueden reducirse evitando la evaporación o reduciendo la cantidad de solvente usado. Las emisiones por almacenamiento y transporte de productos ocurren normalmente por evaporación (distribución de gasolina y las fugas de gas licuado de petróleo). Las emisiones en los procesos en industrias ligeras y comerciales ocurren por combustión (fabricación de ladrillos), perturbación mecánica (construcción de edificios) o procesos biológicos (panaderías). Las emisiones en agricultura ocurren por combustión (quema de residuos de la cosecha previa), por evaporación (aplicación de pesticidas), perturbación mecánica (arado), o procesos biológicos (desechos animales). Las emisiones por manejo de desechos ocurren por evaporación (establecimientos de tratamiento de propiedad pública) y por combustión (incineración). Las emisiones de las fuentes de área misceláneas ocurren por combustión (incendios forestales, incendios en construcción), perturbación mecánica (polvo de caminos no pavimentados) y por procesos biológicos (amoníaco de las actividades ganaderas).

Para que el inventario sea internamente consistente debe en primer lugar documentar claramente los siguientes aspectos antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la estimación de las emisiones:

- Los usos finales del inventario
- Los contaminantes que deben incluirse
- Los límites geográficos de la región del inventario
- Las fuentes de área y las fuentes móviles que no circulan por carretera que están presentes en la región del inventario
- Las fuentes de área y las fuentes móviles que no circulan por carretera que deben incluirse en el inventario
- Las Técnicas de Estimación de Emisiones que se aplicaran a cada categoría de fuente, incluyendo cualquier ajuste que deba hacerse

El propósito y uso que se quiera dar al inventario servirán para determinar los objetivos de calidad de los datos y los objetivos de control y aseguramiento de la calidad. Los objetivos de calidad de los datos se postulan con base al nivel de incertidumbre que el responsable de la toma de decisiones está dispuesto a aceptar. Estos aseguran que el inventario final será adecuado para el uso final que se le quiere dar.

Los objetivos hipotéticos de calidad de los datos para un inventario de fuentes de área deben cumplir con los criterios de calidad como son:

- La Exhaustividad es decir se deben incluir todas las fuentes cuya contribución sea superior a 30,000 kg/año
- La Exactitud es decir reducir la incertidumbre de las tres fuentes principales mediante encuestas para actualizar los datos de emisión
- La Comparabilidad es decir el inventario debe incluir todas las fuentes de un inventario previo y debe ser preparado utilizando métodos que sean comparables

El Manual de Técnicas Básicas de Estimaciones de Emisiones (TEE) [6] describe de manera detallada cada una de las técnicas que pueden utilizarse para estimar las emisiones de fuentes de área. Las técnicas utilizadas pueden variar de acuerdo a la categoría de fuente. La selección de una TEE depende de la disponibilidad de datos suficientes. Si para utilizar un método particular se requiere una gran cantidad de datos, los costos deben ser ponderados contra la calidad deseada en los estimados de emisión. De alguna forma los factores que permiten la selección de una TEE para una categoría de fuente determinada son idénticos a los que definen que categorías de fuente serán incluidas en el inventario (uso del inventario, costos, disponibilidad de datos, etc.). Las técnicas de estimación son las mismas señaladas para las fuentes puntuales, en consecuencia los comentarios vertidos en torno a estas técnicas de estimación en las fuentes puntuales aplican también para las fuentes de área.

- Factores de emisión
- Prueba de fuentes
- Balance de materia, y
- Modelos de emisiones

En resumen, el desarrollo del inventario de contaminantes del aire para México tiene una base sólida en cuanto a la planificación del mismo y la selección de las metodologías para cada categoría de fuente considerada, los factores de emisión aplicados son factores por defecto extraídos de las tablas del AP-42 debido a que no se cuenta con factores propios. Los datos de actividad particularmente sobre producción y consumo de combustibles fueron recopilados de las varias fuentes de información oficial, y como estos mismos datos son proporcionados a organizaciones internacionales se consideran confiables, no así los correspondientes entre otros al número total y tipos de industrias que operan en el país y su producción, al número total de equipos agrícolas y de construcción utilizados en el país, etc. Todo esto hace que la incertidumbre asociada al inventario, se pueda decir que es alta, por lo que es recomendable realizar una actualización al inventario y reducir en cierta medida la incertidumbre.

### **2.3 Consistencia en las Proyecciones de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

Como ya se menciona en el primer informe de este proyecto [7], para calcular las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía, se utilizó el sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP siglas en inglés) desarrollado en el Instituto del Ambiente Estocolmo (SEI siglas en inglés) del Centro Boston, este sistema es una herramienta que permite modelar escenarios energéticos y ambientales. Los escenarios que utiliza este sistema están basados en balances integrales sobre la forma en cómo la energía es consumida, convertida y producida en una región o economía determinada bajo una diversidad de suposiciones alternas sobre población, desarrollo económico, tecnología, precios, etc. Las estructuras de datos que utiliza LEAP son flexibles de manera que permiten realizar análisis tan ricos en especificación tecnológica y detalles del consumo final según lo desee el usuario. Como herramienta de predicción, permite hacer proyecciones de demanda y abastecimiento de energía sobre un horizonte de planificación de largo plazo, proyectar una situación de demanda y abastecimiento de energía para visualizar patrones futuros, identificar problemas futuros y valorar los probables impactos de las políticas energéticas.

Los escenarios son proyecciones sistemáticas de la probable evolución futura de sistemas energéticos a lo largo del tiempo en un contexto demográfico y socio-económico particular y bajo un conjunto determinado de condiciones políticas. En LEAP los escenarios se construyen y se comparan para valorar sus requerimientos de energía, costos y beneficios sociales e impactos ambientales. Todos los escenarios parten de un año base común que es el año base del estudio que se realiza, y para el cual se establecen todos los datos correspondientes a ese año.

LEAP cuenta con una base de datos de tecnología y medio ambiente (TED) que proporciona información completa sobre las características técnicas, costos y efectos ambientales de una amplia gama de tecnologías energéticas.

El análisis de Demanda en LEAP sirve para modelar los requerimientos de consumo final de energía en un área determinada, y se puede aplicar información económica, demográfica y de uso energético para construir escenarios alternativos que examinen cómo evoluciona el consumo total y desagregado de los energéticos finales a través del tiempo en todos los sectores de la economía, adicionalmente se pueden examinar los costos y consecuencias ambientales de cada escenario. Este análisis es el punto de partida para el análisis de energía integrada debido a que todos los cálculos de Transformación y Recursos quedan determinados por los niveles de demanda final calculados por el análisis de Demanda.

Debido a la gran flexibilidad que LEAP permite para estructurar los datos de demanda, se pueden tener desde estructuras altamente desagregadas y orientadas al consumo final hasta estructuras altamente agregadas. Una estructura en general, está integrada por sectores (residencial, industrial, comercial, agrícola y transporte), y cada uno de ellos pueden subdividirse en subsectores, usos finales y artefactos que consumen los energéticos. LEAP también cuenta con tres metodologías que pueden utilizarse para el análisis de la demanda energética – (1) Análisis del Nivel de Actividad con dos opciones (a) Análisis de Demanda de Energía Final y (b) Análisis de Demanda de Energía Útil, donde el consumo de energía se calcula como el producto de un nivel de actividad y la intensidad energética anual (uso del energético por unidad de actividad); (2) Análisis de Existencias donde el consumo de energía se calcula analizando las existencias actuales y las proyectadas a futuro de artefactos que consumen energía, y la intensidad energética anual de cada artefacto (definida como la energía consumida por artefacto); y (3) Análisis de Transporte donde el consumo energético se calcula como el producto

de la cantidad de vehículos, el millaje anual promedio (la distancia recorrida anualmente por cada vehículo), y el consumo específico de cada vehículo (l/km o 1/MPG).

Las diferentes metodologías aquí descritas pueden combinarse dentro de un mismo conjunto de datos, por ejemplo se puede aplicar el análisis de energía útil para analizar la calefacción industrial y comercial, y el análisis de energía final para todos los otros sectores.

En cada caso, los cálculos de demanda se basan en un balance desagregado de diversas medidas de actividad social y económica (cantidad de hogares, kilómetros recorridos por vehículo, toneladas de producción industrial, valor agregado comercial, etc.). Estos niveles de actividad se multiplican por las intensidades energéticas de cada actividad (energía por unidad de actividad). Cada nivel de actividad e intensidad energética se pueden proyectar a futuro en forma individual usando una variedad de técnicas, desde aplicar tasas simples de crecimiento exponencial y funciones de interpolación hasta la aplicación de técnicas de modelado sofisticadas que aprovechan las potencialidades de modelado incluidas en LEAP.

El Análisis de Actividad es la metodología por omisión, donde el consumo energético se calcula multiplicando un nivel de actividad por una intensidad energética anual. Las actividades generales se definen como los productos de las actividades individuales ingresadas a lo largo de una rama completa del árbol de Demanda. Las actividades en general se especifican como un solo valor absoluto (cantidad de hogares) multiplicado por una serie de participaciones o saturaciones/penetraciones (el porcentaje de participación de los hogares urbanos, la penetración de un consumo final como puede ser el aire acondicionado), y la penetración de cada tecnología que satisface el consumo final.

Por otra parte, en el análisis de demanda de energía final se especifican las intensidades energéticas en el nivel de artefactos, como la cantidad usada de energía por unidad de actividad, y en el análisis de demanda de energía útil, se especifican las intensidades de energía útil en el nivel de rama próxima superior (normalmente el nivel de uso final) y luego se especifican las eficiencias de cada artefacto. Este método se puede usar también para proyectar el consumo de energía directamente, no por unidad de actividad. Para hacer esto simplemente en la variable "Nivel de Actividad" se introduce "Sin datos" para las unidades.

Para el estudio de las proyecciones de emisiones del sector energía para los años 2008, 2012 y 2030, ver primer informe [5], se estableció primero un escenario de referencia también conocido como “escenario base” donde no se consideran cambios a futuro junto con dos escenarios alternos donde la única diferencia entre ellos y el escenario base es la aplicación de dos tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) una superior y una inferior. La tasa de crecimiento del PIB utilizada en el escenario base hasta el 2014 fue la indicada en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005 – 2014 [16], y para los años subsiguientes se supuso la misma tasa de crecimiento de 4.3% hasta el año 2030, para los escenarios alternos la tasa de crecimiento considerada fue de 5.2 y 2.8 % respectivamente. Sin embargo debido a que en el transcurso del desarrollo de la parte correspondiente a las proyecciones de emisiones para los contaminantes del aire por parte de ERG durante el 2007, se sugirió por parte del grupo de trabajo del INE, que era recomendable cambiar los valores de las tasas de crecimiento del PIB por los nuevos valores proporcionados por parte del grupo de trabajo del Dr. Galindo en la UNAM. Los nuevos valores de las tasas de crecimiento del PIB que se aplicaron fueron los siguientes: para el escenario base 3.5 por ciento; para el escenario alto 4.5 por ciento y para el escenario bajo 2.5 por ciento. A continuación se presentan los resultados de este recálculo en las proyecciones de los gases de efecto invernadero para los subsectores que integran el gran sector de la energía en México, particularmente para el escenario base.

### **2.3.1.1 Consumos Proyectados de Combustibles para el Sector Energía**

Un primer resultado del recálculo de las proyecciones con la tasa de crecimiento del PIB son los consumos de combustibles en las plantas de generación de electricidad para los años 2008, 2012 y 2030. En la Tabla **10** se muestran los valores proyectados de los consumos de cada combustible. Estos valores fueron utilizados por el personal de ERG para obtener los factores de crecimiento que usaron en las proyecciones de las emisiones de contaminantes del aire [9]. De igual manera las proyecciones de consumo de combustibles para los sectores industrial, comercial, residencial, y agrícola, fueron utilizadas para generar los factores de crecimiento que se aplican para obtener las emisiones de las fuentes de área por sector.

### **2.3.1.2 Emisiones Proyectadas de GHG para el Sector Energía**

En esta sección se describen los resultados sobre las emisiones recalculadas para los años 2008, 2012 y 2030. En la Tabla **11** se muestran los valores resultantes tanto de los

gases de efecto invernadero directo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) como aquellos de efecto indirecto ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COVDM}$ ), adicionalmente se presentan las emisiones de  $\text{SO}_2$ .

Las emisiones se presentan para cada subsector (residencial, comercial, industrial, agrícola y transporte), así como para las industrias de la energía.

## **2.4 Consistencia en las Proyecciones de las Emisiones de Contaminantes del Aire**

En relación a las emisiones de los contaminantes del aire, ERG realizó el estudio sobre la proyección del inventario nacional de emisiones para México [9], en dicho estudio las emisiones de contaminantes del aire fueron proyectadas a los años 2008, 2012 y 2030 utilizando la tasa de crecimiento del PIB, la tasa de crecimiento de la población, junto con la información de las proyecciones de los gases de efecto invernadero para generar el mayor número de factores de crecimiento los cuales fueron aplicados a las emisiones reportadas del inventario del año base (1999). Como se menciona en el estudio, las proyecciones del inventario de emisiones son esenciales para la evaluación de los beneficios futuros de las medidas de control en la calidad del aire y para apoyar los diversos análisis de modelación. Las proyecciones de las emisiones se desarrollaron al nivel de municipio y correspondieron a las fuentes puntuales, de área, vehiculares y móviles que no transitan por carreteras.

La metodología general que se utilizó para desarrollar las proyecciones de crecimiento en años futuros está descrita en detalle en el volumen X del EIIP [10], en su nivel más básico relaciona las emisiones de años futuros con las emisiones del año base a través de un factor de proyección, el cual en la práctica consta de dos componentes: el factor de crecimiento y el factor de control. El primero con frecuencia se deriva de proyecciones de sustitutos como son la población, el crecimiento económico, el desarrollo de la tierra, etc. El segundo normalmente se deriva de las leyes futuras esperadas, regulaciones, políticas, tendencias industriales o la implementación de controles.

Las proyecciones de crecimiento de línea base para los años 2008, 2012 y 2030 se desarrollaron suponiendo al principio que no habrá controles futuros, en consecuencia solo se consideraran los factores de crecimiento en las proyecciones. Idealmente el desarrollo de los factores de crecimiento se realiza a nivel de proceso o de

establecimiento, sin embargo, debido a la falta de datos no se pudo desarrollar los factores a este nivel solo se pudieron desarrollar a nivel regional y nacional.

Una vez que las proyecciones de crecimiento de línea base se desarrollaron, es posible posteriormente aplicar uno o más escenarios de control a estas proyecciones para analizar los efectos sobre las emisiones.

Para las proyecciones en fuentes puntuales, lo primero es clasificar todas las fuentes puntuales identificadas en el inventario base de 1999 dentro de los seis grupos siguientes:

- Unidades de Generación de Electricidad (EGUs)
- Refinerías y otras fuentes relacionadas con el petróleo
- Metalurgia Primaria
- Industrias de Manufactura
- Industrias Diversas
- Servicios

El siguiente paso es el desarrollo de los factores de crecimiento para cada uno de estos grupos de fuentes.

La metodología para el desarrollo de los factores de crecimiento utiliza estadísticas históricas (las correspondientes al año base) de producción o de uso junto con las proyecciones de producción o de uso, o bien las tasas de crecimiento del PIB o de la población.

Para el primer grupo, la estadística histórica es para el uso de combustible en la generación de electricidad, es decir el consumo de combustible en 1999, y las proyecciones de consumo de combustible reportadas en la Tabla **10**. Los factores de crecimiento se estimaron dividiendo cada consumo de combustible proyectado para cada combustible entre el consumo de ese mismo combustible reportado en el año base.

Para el segundo grupo, la estadística histórica utilizada fue la de la producción del petróleo crudo en 1999 y las proyecciones de producción futura. Las cifras de producción tanto del año base como de los tres años futuros seleccionados se obtuvieron de fuentes internacionales [11, 12], al igual que en el primer grupo los

factores de crecimiento se obtuvieron dividiendo la producción proyectada de petróleo crudo de cada año futuro entre la producción reportada para el año base.

Para el tercer grupo, la estadística histórica de producción se centro únicamente en tres metales básicos (cobre, plomo y zinc). Debido a que existe información de producción de cada uno de estos metales de 1990 a 2006, fue preciso desarrollar una estadística agregada de metales primarios refinados la cual se utilizo para desarrollar una ecuación de regresión lineal que permitió predecir las cifras para los años 2008, 2012 y 2030. Con estos valores y el del año base se obtuvo el factor de crecimiento para este grupo.

Para los grupos antepenúltimo y penúltimo, los factores de crecimiento se basaron en la tasa anual de crecimiento del Producto Interno Bruto de 3.5 por ciento, recientemente utilizada en varios estudios ambientales y económicos en México [17].

Para el sexto y último grupo, los factores de crecimiento se basaron en los estimados de población municipal para el periodo 2005 – 2030 [8]. Las fuentes puntuales en el grupo de servicios corresponden a los talleres de reparación y mantenimiento, tintorerías, plantas de tratamiento de aguas residuales, así como establecimientos de servicio gubernamentales y públicos (hospitales, escuelas y edificios de oficinas). El crecimiento de este tipo de fuentes puntuales en gran medida se atribuye al crecimiento en la población. Por lo tanto, la población municipal se tomo como sustituto para proyectar las emisiones de este grupo.

Para las emisiones de las fuentes de área, las proyecciones se hicieron usando varios sustitutos. Para la mayoría de las categorías de las fuentes de área los sustitutos fueron la población y el uso de combustibles. En los párrafos siguientes se describen las metodologías para el desarrollo de los factores de crecimiento para las categorías de fuentes relacionadas directamente con la quema de combustibles, debido a que las emisiones actuales y futuras de estas categorías deben compararse con las obtenidas para el sector de la energía con el modelo LEAP.

El factor de crecimiento basado en el uso de combustibles aplicable a la quema de combustibles se obtuvo dividiendo la demanda de energía de cada año futuro (PJ) entre la demanda de energía del año base (PJ), y para los factores de crecimiento aplicables a la distribución de combustibles (gasolina y GLP) se tomaron en consideración las demandas de cada combustible.

Para las tres categorías de área siguientes – locomotoras, recubrimientos industriales de superficies, y desengrasado – el factor de crecimiento está basado en el crecimiento del Producto Interno Bruto.

Para el desarrollo de los factores de crecimiento de las emisiones de aviones, se utilizan los datos de tráfico aéreo anual de pasajeros. Los datos del volumen total de pasajeros tanto nacionales como internacionales correspondientes a 13 aeropuertos en el norte y centro de México para el periodo enero de 2001 a agosto de 2008, se obtuvieron del Grupo Aeroportuario del Centro Norte S.A.B. de C.V. [15] a pesar de que hay más de 13 aeropuertos en el país se supuso que estos se aproximaban razonablemente al nivel nacional de actividad aérea. Para obtener el estimado anual para 2008, los datos de los ocho meses se extrapolaron, y una vez que se tiene el valor anual para 2008 se usaron los valores anuales de 2001 a 2008 para desarrollar una ecuación de regresión lineal para predecir los volúmenes anuales totales para los años 2012 y 2030, una vez que esto se ha conseguido el paso final en el desarrollo de los factores de crecimiento es dividir el volumen de pasajeros de cada año futuro seleccionado entre el volumen de pasajeros del año base.

Para las proyecciones de las emisiones vehiculares se utilizaron dos factores de crecimiento diferentes. El primer factor de crecimiento representa la demanda incrementada de combustibles vehiculares proyectada entre 1999 y 2030. Las proyecciones a futuro del uso de gasolina fueron generadas con el modelo LEAP. El segundo factor de crecimiento considera los cambios en las tecnologías y emisiones vehiculares debido al vuelco en la flota mexicana. Con el paso del tiempo, entraran a la flota vehicular vehículos más nuevos con tecnologías mejoradas y emisiones más bajas, reemplazando a los vehículos más viejos con o sin tecnología limitada.

Los efectos del vuelco vehicular se estimaron usando el modelo de factores de emisión para vehículos automotores MOBILE6-México [18]. El modelo se corrió para los años 1999, 2008, 2012 y 2030, y obtener las tasas medias de emisión de la flota. El factor de vuelco se obtiene dividiendo las tasas medias de emisión de la flota de cada año futuro entre la del año base. El factor de crecimiento global para cada uno de los años futuros se estimó multiplicando el factor de crecimiento del combustible por el factor de vuelco de la flota.

Para proyectar las emisiones de fuentes móviles que no transitan por carretera se utilizaron las proyecciones de demanda de energía. Las categorías de fuentes móviles

que no transitan por carretera en 1999 están limitadas a equipos agrícolas y de construcción movidos por diesel debido a que no existe información para otras categorías como son los vehículos recreativos, los equipos de jardinería y podadoras, etc. Las proyecciones de uso de combustibles fueron generadas por el modelo LEAP que arroja datos desagregados de demanda para los sectores del transporte, la industria, el comercio, y la agricultura. La demanda de diesel en el sector agrícola se uso como sustituto para proyectar las emisiones de la categoría de fuente – equipo agrícola, similarmente la demanda de diesel en el sector comercial se uso como sustituto para proyectar las emisiones de la categoría de fuente – equipo de construcción.

### **3.0 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN LAS EMISIONES**

Las metodologías utilizadas para estimar las emisiones en los dos inventarios son internamente consistentes. Las estructuras son diferentes en cuanto al agrupamiento de los sectores económicos y los tipos de fuentes considerados. Una comparación directa de las emisiones estimadas de contaminantes del aire entre ambos inventarios no es sencilla debido a que por una parte el inventario de gases de efecto invernadero tiene agrupadas a todas las fuentes que están relacionadas entre sí, en cada uno de los seis grandes sectores de que consta su estructura. Las emisiones generadas por la quema de combustibles tanto en fuentes estacionarias o fijas como en fuentes móviles son la parte medular del gran sector de la energía. Por otra parte, la estructura del inventario de contaminantes del aire, aglutina a las fuentes de emisión en cinco grandes grupos, de los cuales el de las fuentes puntuales y el de las fuentes de área agrupan cada uno una mezcla de diferentes categorías de fuentes en función de un umbral preestablecido de nivel de emisión y del tamaño de las fuentes, por lo que las emisiones de estas categorías deben estimarse por separado.

Para poder comparar las emisiones debidas a la quema de combustibles, en el inventario de contaminantes del aire se deben en primer lugar identificar las categorías de fuentes que tienen que ver con la quema de combustibles y a que sectores de la economía pertenecen, en seguida estimar las emisiones utilizando las metodologías y

los factores de emisión adecuados. Una vez que las emisiones para el año base se han obtenido, se aplicaran los factores de crecimiento que fueron desarrollados para obtener las proyecciones en los tres años seleccionados 2008, 2012 y 2030.

En la Tabla **12** se presentan las emisiones por combustión para 1999 tanto del inventario de gases de efecto invernadero y precursores del ozono como del inventario de contaminantes del aire. En la Tabla **13** se presentan las emisiones proyectadas para 2008, 2012 y 2030 de ambos inventarios. En esta última tabla las proyecciones de gases contaminantes del aire ambiente fueron obtenidas con el modelo LEAP mientras que las proyecciones para el INEM fueron las reportadas por ERG [9] pero solamente tomando en cuenta las fuentes que queman combustible tanto en las fuentes puntuales como en las de área.

#### **4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los resultados que arrojo el análisis de consistencia entre los inventarios y sus proyecciones, pone de manifiesto que con la información que se tiene no es posible por el momento conseguir armonizar las emisiones de los inventarios completos tanto de gases de efecto invernadero como de contaminantes del aire. Esfuerzos adicionales tienen que hacerse sobre la concordancia de fuentes entre ambos inventarios, así como una mayor y mejor identificación de las tecnologías que están en uso en los diferentes sectores económicos, lo que permitirá a futuro seleccionar las mejores metodologías de estimación de emisiones de ambos inventarios logrando así producir un inventario general de emisiones tanto de gases de efecto invernadero como de contaminantes del aire solido, consistente y comparable.

Es importante también realizar cuando menos una actualización del inventario de contaminantes del aire, lo que permitirá contar con un inventario con mayor certidumbre que el de 1999.

Algo que debe considerarse a futuro es tratar de desarrollar factores de emisión propios para al menos aquellas fuentes que sean las representativas de las diferentes categorías de fuentes. La finalidad de esto es tratar de reducir las incertidumbres que cada inventario tiene.

Finalmente, la comparación de resultados tanto de emisiones como de sus proyecciones entre ambos inventarios pone de manifiesto que existen varias fuentes de discrepancia que debe ser resueltas en trabajos futuros, una de ellas es el uso de factores de emisión diferentes en ambos inventarios junto con la integración de categorías de fuentes.

## **5.0 BIBLIOGRAFIA**

1. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen IV – Desarrollo del Inventario de Fuentes Puntuales; Radian International. Agosto 15, 1996
2. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen V – Desarrollo del Inventario de Fuentes de Área; Radian International. Marzo 31, 1997
3. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen VI – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehículos Automotores; Radian International. Febrero 19, 1997
4. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II – Fundamentos de Inventarios de Emisiones; Radian International. Diciembre, 1997
5. Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex 1 to the Convention, Part 1: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories; FCCC/SBSTA/2004/8; September 3, 2004
6. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen III – Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones; Radian International. Enero, 1996
7. Primer Informe “Revisión de las Metodologías usadas en la Proyección del Inventario de Gases de Efecto Invernadero y del Inventario de Contaminantes del Aire” correspondiente al Estudio “Armonización de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero y de Contaminantes del Aire” Contrato AEU-8-88252-01; Diciembre, 2007
8. Proyecciones de Población 2005 – 2050, CONAPO 2006

9. Development of México National Emissions Inventory Projections for 2008, 2012 and 2030. Energy Research Group. Inc. January 9, 2009
10. Emission Projections; Vol. X, EIIP, December 1999.
11. Analysis of the IEO2001 Non-OPEC Supply Projections; Roger D. Blanchard; April 9, 2001 <http://dieoff.org/page231.pdf>
12. World Oil Outlook; OPEC 2007 <http://www.opec.org/library/World%20Oil%20Outlook/pdf/WorldOilOutlook.pdf>
13. The Mineral Industry of Mexico; USGS 2008  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/latin.html#mq>
14. Integrated Environmental Strategies Report: Co-Control of Urban Air Pollutants and Greenhouse Gases in Mexico City; J. J West; P. Osnaya; I. Laguna; J. Martinez; A. Fernandez. February 2003
15. Monthly traffic reports from Grupo Aeroportuario del Centro Norte, S.A.B. de C.V. OMA 2008  
<http://ir.oma.aero/index.cfm?subj=profile>
16. Prospectivas del Sector Eléctrico 2005 – 2014, Publicado por SENER, 2006
17. L. M. Galindo Paliza; UNAM 2008
18. MOBILE6-México; Eastern Research Group, Inc., June 27, 2003



# 6.0 ANEXOS

**Tabla A**

**CLASIFICACION DE LAS FUENTES DE EMISION - PICC**

SECTOR	DESCRIPCION ACTIVIDADES INCLUIDAS
1 ENERGÍA	Emisión total de los GHG de las actividades energéticas estacionarias y móviles (quemado de combustibles y emisiones fugitivas de combustible)
2 PROCESOS INDUSTRIALES	Subproductos y emisiones fugitivas de GHG provenientes de los procesos industriales. Las emisiones por quemado de combustible deben reportarse en Energía. Las emisiones de este sector deben siempre que sea posible reportarse dentro de la Clase o Grupo ISIC en el que ocurren
3 SOLVENTES Y USO DE OTROS PRODUCTOS	Principalmente son emisiones de COVDM que resultan del uso de solventes y de otros productos que contienen solventes
4 AGRICULTURA	Todas las emisiones antropogénicas que ocurren en este sector excepto aquellas por quemado de combustibles y emisiones de drenaje, las cuales deberán reportarse en Energía y Desechos respectivamente
5 CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA	Emisiones y remociones totales de las actividades en bosque y cambio de uso de suelo
6 DESECHOS	Emisiones totales por manejo de desechos
7 OTROS	Cualquier otra fuente o sumidero no referida anteriormente (debe ser documentada adecuadamente)

**Tabla B.**

**Estructura del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector energía**

<b>1</b>	<b>SECTOR ENERGÍA</b>
<b>1A</b>	<b>ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLE</b>
<b>1A1</b>	<b>INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA</b>
1A1a	PRODUCCIÓN DE CALOR Y ELECTRICIDAD PÚBLICA
i	GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD PÚBLICA
ii	GENERACIÓN PÚBLICA DE CALOR Y POTENCIA COMBINADOS
iii	PLANTAS DE CALOR PÚBLICAS
1A1b	REFINACIÓN DE PETRÓLEO
1A1c	MANUFACTURA DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS Y OTRAS INDUSTRIAS DE ENERGÍA
i	MANUFACTURA DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS
ii	OTRAS INDUSTRIAS DE ENERGÍA
1A2	INDUSTRIAS DE MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN
1A2a	HIERRO Y ACERO
1A2b	METALES NO FERROSOS
1A2c	QUÍMICOS
1A2d	PULPA, PAPEL E IMPRENTA
1A2e	PROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLES, BEBIDAS Y TABACO
1A2f	OTRAS
<b>1A3</b>	<b>TRANSPORTE</b>
1A3a	AVIACIÓN CIVIL
i	INTERNACIONAL (BUNKERS INTERNACIONALES)
ii	LOCAL
1A3b	AUTOTRANSPORTE
i	AUTOMÓVILES
ii	VEHÍCULOS DE CARGA LIGERA
iii	AUTOBUSES Y VEHÍCULOS DE CARGA PESADA
iv	MOTOCICLETAS
v	EMISIONES EVAPORATIVAS DE LOS VEHÍCULOS
1A3c	FERROCARRIL
1A3d	NAVES MARÍTIMAS
i	INTERNACIONAL (BUNKERS INTERNACIONALES)
ii	LOCAL
1A3e	OTRO TRANSPORTE
i	TRANSPORTE EN PIPAS
ii	FUERA DE CAMINO
<b>1A4</b>	<b>OTROS SECTORES</b>
1A4a	COMERCIAL/INSTITUCIONAL
1A4b	RESIDENCIAL
1A4c	AGRICULTURA/SILVICULTURA/PESCA
i	ESTACIONARIAS
ii	VEHÍCULOS QUE NO CIRCULAN POR CARRETERA Y OTRA MAQUINARIA
iii	PESCA
<b>1A5</b>	<b>OTRAS</b>
1A5a	ESTACIONARIAS
1A5b	MÓVILES
<b>1B</b>	<b>EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES</b>

<b>1B1</b>	<b>COMBUSTIBLES SÓLIDOS</b>
1B1a	MINADO DE CARBÓN
i	MINAS SUBTERRÁNEAS
ii	MINAS EN SUPERFICIE
1B1b	TRANSFORMACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES SÓLIDOS
1B1c	OTRAS
<b>1B2</b>	<b>PETRÓLEO Y GAS NATURAL</b>
1B2a	PETRÓLEO
i	EXPLORACIÓN
ii	PRODUCCIÓN
iii	TRANSPORTE
iv	REFINACIÓN/ALMACENAMIENTO
v	DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS DEL PETRÓLEO
vi	OTROS
1B2b	GAS NATURAL
i	PRODUCCIÓN/PROCESAMIENTO
ii	TRANSMISIÓN/DISTRIBUCIÓN
iii	OTRAS FUGAS
iii	VENTEO Y QUEMADO EN ANTORCHA
1B2b	PETRÓLEO
i	GAS NATURAL
ii	COMBINADO (CASO EN QUE NO PUEDEN SEPARARSE)

**Tabla C**  
**Estructura del Inventario de Contaminantes del Aire**

Categorías de Fuentes del INEM 1999			
Tipo de Fuente	Categorías Mayores	Categorías	
Puntual	Refinación petróleo y otros combustibles fósiles	Refinación petróleo y otros combustibles fósiles	
	Minería	Extracción de petróleo y gas	
		Minería (excepto petróleo y gas)	
	Plantas generación electricidad	Plantas generación electricidad	
	Manufactura y otros procesos industriales		producción animal
			Construcción de edificios
			Manufactura alimentos
			Manufactura bebidas y derivados tabaco
			Manufactura insumos textiles
			Manufactura productos textiles
			Manufactura prendas de vestir
			Manufactura artículos de piel y derivados
			Manufactura productos de madera
			Manufactura papel
			Procesos impresión y otros relacionados
			Manufactura química
			Manufactura productos de plástico y de hule
			Manufactura productos minerales no metálicos
			Metalurgia primaria
			Manufactura productos metálicos elaborados
			Manufactura de alimentos
			Manufactura maquinaria
			Manufactura computadoras y equipo electrónico
			Manufactura equipo eléctrico, electrodomésticos y componentes
			Manufactura equipo de transporte
			Manufactura muebles y productos relacionados
	Manufactura miscelánea		
	Otros procesos de manufactura		
	Manejo de residuos y servicios saneamiento		
Comercialización mayoreo bienes perecederos	Comercialización mayoreo bienes perecederos		
Otros servicios		Pequeñas empresas no clasificadas	
		Servicios educativos	
		Hospitales	
		Industrias recreativas, de juego y entretenimiento	
		Reparación y mantenimiento	

de Área	Combustión industrial de combustibles	Servicios tintorería y lavandería
		Combustión industrial (destilados)
		Combustión comercial (destilados)
		Combustión industrial (residuales)
		Combustión comercial (residuales)
		Combustión industrial (GLP)
		Combustión comercial (GLP)
		Combustión industrial (GN)
		Combustión comercial (GN)
		Combustión industrial (diáfanos/ querosenos)
	Ladrilleras	
	Otros usos de combustibles	Combustión domestica (GLP)
		Combustión agrícola (GLP)
		Combustión para transporte (GLP)
		Combustión domestica (GN)
		Combustión domestica (diáfano)
		Combustión agrícola (diáfano)
	Otras fuentes de área	Combustión domestica (leña)
		Locomotoras
		Aeronaves
		Embarcaciones marítimas comerciales
		Cruces fronterizos
		Panaderías
		Tratamiento aguas residuales
	Asado al carbón y vendedores ambulantes	
	Distribución de combustibles	Distribución de gasolina
		Distribución de GLP
	Uso de solventes	Recubrimiento industrial de superficies
		Recubrimiento arquitectónico de superficies
		Desengrasado
		Pintado de carrocerías
		Uso comercial y domestico de solventes
		Lavado en seco
		Artes graficas
		Pintura señalización vial
	Asfaltado	
Polvo fugitivo	Labranza agrícola	
	Corrales engorda de ganado	
	Actividades de construcción	
Incendios y quemas	Quemas agrícolas	
	Quema residuos a cielo abierto	
	Incendios forestales	
	Incendios de construcciones	

	Fuentes de amoniaco	Actividades ganaderas
		Aplicación fertilizantes
		Emisiones domesticas
Vehiculos Automotores	Vehículos automotores en ruta	Automóviles Camiones Servicio Ligero Autobuses Camiones Servicio Pesado Motocicletas
Fuentes Móviles no Carretera	Fuentes móviles no carretera	Equipos de Construcción Equipos Agrícolas Equipos de Jardinería Vehiculos recreativos Equipos Móviles Industriales
Fuentes Naturales	Fuentes biogénicas/geogénicas	Vegetación
		Suelo
		Volcanes

**Tabla D**

**CORRESPONDENCIA ENTRE LAS CATEGORÍAS DE FUENTE DEL IPCC 96  
Y LA CLASIFICACION DE CORINAIR – SNAP 97**

<b>Categorías IPCC</b>	<b>Clasificación SNAP</b>
<b>1 Energía</b>	
<b>1A Combustión Combustibles</b>	
<b>1A1 Industrias de la Energía</b>	
<b>1A1a Producción pública de electricidad y calor</b>	<b>0101 Potencia pública (01.01.01 a 01.01.05)</b> <b>0102 Plantas Distritales de calefacción (01.02.01 a 01.02.05)</b>
<b>1A1b Refinación de Petróleo</b>	<b>0103 Plantas de refinación del petróleo (01.03.01 a 01.03.06)</b>
<b>1A1c Manufactura de combustibles sólidos y otras Industrias de la Energía</b>	<b>0104 Plantas de transformación de los combustibles sólidos (01.04.01 a 01.04.07)</b> <b>0105 Minado de carbón, extracción petróleo/gas, compresores de ductos (01.05.01 a 01.05.05)</b>
<b>1A2 Industrias de Manufactura y Construcción</b>	
<b>1A2a Hierro y Acero</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura (03.01.01 a 03.01.06)</b> <b>030203 Estufas calientes de los hornos de ráfaga</b> <b>030301 Plantas de granulado y de sinterizado</b> <b>030302 Hornos de recalentamiento del hierro y el acero</b> <b>030303 Fundidoras de hierro gris</b>
<b>1A2b Metales no ferrosos</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura (03.01.01 a 03.01.06)</b> <b>030304 a 030309 Producción primaria y secundaria de Pb/Zn/Cu</b> <b>030310 Producción secundaria de Al</b> <b>030322 a 030324 Producción de Alúmina, Mg y Ni</b>
<b>1A2c Productos Químicos</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura</b>

	<b>(03.01.01 a 03.01.06)</b>
<b>1A2d Pulpa, Papel e Impresión</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura (03.01.01 a 03.01.06)</b> <b>030321 Industria de molienda de papel (procesos de secado)</b>
<b>1A2e Procesado de alimentos, bebidas y tabaco</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura (03.01.01 a 03.01.06)</b>
<b>1A2f Otros</b>	<b>0301 Combustión en hervidores, turbinas de gas y motores estacionarios en las industrias de manufactura (03.01.01 a 03.01.06)</b> <b>030204 Hornos de Yeso</b> <b>030205 Otros hornos</b> <b>030311 a 030320 Cemento, Cal, concreto de asfalto, Vidrio, Lana Mineral, Ladrillos y Tejas, Materiales de Cerámica Fina</b>
<b>1A3 Transporte</b>	
<b>1A3a Aviación Civil</b>	
<b>1A3a i Internacional</b>	<b>080502 Trafico internacional en aeropuerto (ciclos LTO &lt; 1000 metros)</b> <b>080504 Trafico internacional en crucero (&gt; 1000 metros)</b>
<b>1A3a ii Nacional</b>	<b>080501 Trafico Nacional en aeropuerto (ciclos LTO &lt; 1000 metros)</b> <b>080503 Trafico Nacional en crucero (&gt; 1000 metros)</b>
<b>1A3b Transporte por carretera</b>	<b>0701 Carros de pasajeros (070101 a 070103)</b> <b>0702 Vehículos Ligeros &lt; 3.5 t (070201 a 070203)</b> <b>0703 Vehículos pesados &gt; 3.5 t y autobuses (070301 a 070303)</b> <b>0704 Motonetas y motocicletas &lt; 50 cm3</b> <b>0705 Motocicletas &gt; 50 cm3 (070501 a 070503)</b> <b>0706 Evaporación de gasolina</b>
<b>1A3c transporte ferroviario</b>	<b>0802 Ferrocarril (080201 a 080203)</b>
<b>1A3d Transporte marítimo</b>	
<b>1A3d i Internacional</b>	<b>080404 Tráfico Marítimo Internacional</b>
<b>1A3d ii Nacional</b>	<b>080402 Tráfico marítimo Nacional</b> <b>080301 a 080304 Ríos</b>

<b>1A3e Otros</b>	<b>0810 Otras fuentes móviles y maquinaria</b> <b>010506 Compresores de ductos</b>
<b>1A4 Otros Sectores</b>	
<b>1A4a Comercial/Institucional</b>	<b>0201 Plantas comerciales e institucionales (020101 a 020106)</b>
<b>1A4b Residencial</b>	<b>0202 Plantas residenciales (020201 a 020205)</b> <b>0809 Vivienda y jardinería</b>
<b>1A4c Agricultura/Silvicultura/Pesca</b>	<b>0203 Plantas en agricultura, silvicultura y acuicultura (020301 a 020305)</b> <b>080403 Pesca Nacional</b> <b>0806 Agricultura</b> <b>0807 Silvicultura</b>
<b>1A5 Otros</b>	
<b>1A5a Estacionarias</b>	<b>0201 Plantas comerciales e institucionales (020101 a 020106) (solo militar)</b>
<b>1A5b Móviles</b>	<b>0801 Militar</b>
<b>1B Emisiones Fugitivas de Combustibles</b>	
<b>1B1 Combustibles sólidos</b>	
<b>1B1a Minado de carbón</b>	<b>0501 Extracción y primer tratamiento de los combustibles fósiles sólidos (050101 a 050103)</b>
<b>1B1b Transformación combustibles sólidos</b>	<b>040201 Hornos de coque (fugas en puerta y extinción)</b> <b>040204 Combustibles sólidos sin humo</b>
<b>1B1c Otros</b>	
<b>1B2 Petróleo y Gas Natural</b>	
<b>1B2a Petróleo</b>	<b>0401 Procesos en la industria del petróleo (040101 a 040105)</b> <b>0502 Extracción, primer tratamiento y cargado de los combustibles líquidos fósiles (050201 a 050202)</b> <b>0504 Distribución de combustibles líquidos (excepto la distribución de gasolina) (050401 a 050402)</b> <b>0505 Distribución de gasolina (050501 a 0505003)</b>
<b>1B2b Gas Natural</b>	<b>05003 Extracción, primer tratamiento y cargado de combustibles gaseosos fósiles (050301 a 050303)</b> <b>0506 Redes de distribución de gas (050601 a 050602)</b>
<b>1B2c Venteo y Quemado en antorcha</b>	<b>090203 Quemado en antorcha en refinerías</b>

	<b>090206 Quemado en antorcha en la extracción de petróleo y gas</b>
<b>2 Procesos Industriales</b>	
<b>2A Productos Minerales</b>	
<b>2A1 Producción de Cemento</b>	<b>040612 Cemento (descarbonizar)</b>
<b>2A2 Producción de Cal</b>	<b>040614 Cal (descarbonizar)</b>
<b>2A3 Uso de Dolomita y Carbonato</b>	<b>040618 Uso de Dolomita y Carbonato</b>
<b>2A4 Producción y uso de ceniza de sosa</b>	<b>040619 Producción y uso de ceniza de sosa</b>
<b>2A5 Asfalto en techos</b>	<b>040610 Recubrimiento de techos con materiales de asfalto</b>
<b>2A6 Pavimentación de carreteras con asfalto</b>	<b>040611 Pavimentación de carreteras con asfalto</b>
<b>2A7 Otros</b>	<b>040613 Vidrio (descarbonizar) 040615 Manufactura de baterías 040616 Extracción de ores minerales 040617 Otros (incluye la manufactura de productos de asbesto)</b>
<b>2B Industria Química</b>	
<b>2B1 Producción de amoníaco</b>	<b>040403 Amoníaco</b>
<b>2B2 Producción Acido Nítrico</b>	<b>040402 Acido Nítrico</b>
<b>2B3 Producción Acido Adípico</b>	<b>040521 Acido Adípico</b>
<b>2B4 Producción de Carburo</b>	<b>040412 Producción de carburo de calcio</b>
<b>2B5 Otros</b>	<b>040401 Acido Sulfúrico 040404 a 040406 Sulfato/Nitrato/Fosfato de amonio 040407 a 040408 Urea, Fertilizantes NPK 040409 a 040411 Negro de carbono, dióxido de titanio, grafito 040414 Fertilizantes fosfatados 040415 Almacenamiento y manipulación de productos inorgánicos 040416 Otros procesos en la industria sustancias inorgánicas 0405 Procesos en la industria de sustancias orgánicas excepto el Acido Adípico (040501 a 040520, y 040522 a 040526, y 040534)</b>
<b>2C Producción de Metales</b>	
<b>2C1 Producción Fierro y Acero</b>	<b>040202 Cargado de los hornos de ráfaga 040203 Extracción de lingotes de hierro 040205 a 040210 Horno de la Planta de acero, molino de rodillos, plantas de sinterizado y granulado (excepto combustión), otros</b>

<b>2C2 Producción de Aleaciones</b>	<b>040302 Aleaciones de hierro</b>
<b>2C3 Producción de Aluminio</b>	<b>040301 producción de aluminio (electrolisis) excepto SF6</b>
<b>2C4 SF6 usado en las fundidoras de aluminio y magnesio</b>	<b>030310 Producción secundaria de Al 040301 producción de Al (electrolisis)-SF6 solo 040304 Producción de Mg – SF6 solo</b>
<b>2C5 Otros</b>	<b>040303 a 040305 Producción de Si, Mg, y Ni 040306 Manufactura de metales aleados 040307 Galvanizado 040308 Electroplateado 040309 Otros procesos en las industrias no ferrosas</b>
<b>2D Otra Producción</b>	
<b>2D1 Pulpa y Papel</b>	<b>040601 Aglomerado 040602 a 040604 Pulpa de papel</b>
<b>2D2 Alimentos y Bebidas</b>	<b>040605 a 040608 Pan, vino, cerveza y licores</b>
<b>2E Producción de Halocarbonos y Hexafluoruro de azufre</b>	
<b>2E1 Emisiones de subproducto</b>	<b>040801 Subproductos de la Producción de hidrocarburos halogenados, 040804 Subproductos en la producción de SF6</b>
<b>2E2 Emisiones fugitivas</b>	<b>040802 Fugitivas en la producción de hidrocarburos halogenados 040805 Fugitivas en la producción de SF6</b>
<b>2E3 Otras</b>	<b>040803 Otros en la producción de hidrocarburos halogenados 040806 Otros en la producción de SF6</b>
<b>2F Consumo de Halocarbonos y Hexafluoruro de azufre</b>	
<b>2F1 Refrigeración y equipos de aire acondicionado</b>	<b>060502 Refrigeración y equipos de aire acondicionado que usan halo-carbonos</b>
<b>2F2 Agentes espumantes</b>	<b>060504 Agentes espumantes</b>
<b>2F3 Extinguidores de fuego</b>	<b>060505 Extinguidores de fuego</b>
<b>2F4 Aerosoles</b>	<b>060506 Latas de aerosoles</b>
<b>2F5 Solventes</b>	<b>0601 a 0604 Solventes que contienen halo-carbonos</b>
<b>2F6 Otros</b>	<b>0601 a 0604 Fuentes que contienen SF6 060507 Equipo eléctrico 060508 Otros</b>
<b>2G Otros</b>	<b>060503 Refrigeración y equipos de aire acondicionado que usan otros productos</b>

<b>3 Uso de Solventes y otros productos</b>	
<b>3A Aplicación de pintura</b>	<b>0601 Aplicación de pintura (060101 a 060109)</b>
<b>3B Desengrasado y Limpieza en seco</b>	<b>0602 Desengrasado, limpieza en seco y electrónica (060201 a 060204)</b>
<b>3C Manufactura y procesamiento de productos químicos</b>	<b>0603 Manufactura y procesamiento de productos químicos (060301 a 060314)</b>
<b>3D Otros</b>	<b>0604 Otros usos de solventes y actividades relacionadas (060401 a 060412)</b> <b>060501 Anestesia</b> <b>060508 Otros excepto halo-carbonos y SF6</b>
<b>4 Agricultura</b>	
<b>4A Fermentación Entérica</b>	
<b>4A1 Ganado</b>	
<b>4A1a Lechero</b>	<b>100401 Vacas lecheras</b>
<b>4A1b no lechero</b>	<b>100402 Otro ganado</b>
<b>4A2 Búfalos</b>	<b>100414 Búfalos</b>
<b>4A3 Ovejas</b>	<b>100403 Ovejas</b>
<b>4A4 Cabras</b>	<b>100407 Cabras</b>
<b>4A5 Camellos y Llamas</b>	<b>100413 Camellos</b>
<b>4A6 Caballos</b>	<b>100405 Caballos</b>
<b>4A7 Mulas y asnos</b>	<b>100406 Mulas y asnos</b>
<b>4A8 Cerdos</b>	<b>100404 a 100412 Cerdos en engorda y puercas</b>
<b>4A9 Aves</b>	<b>100408 a 100410 Gallinas ponedoras, pollos y otras aves</b>
<b>4A10 Otros</b>	<b>100411 a 100415 Animales de piel y otros animales</b>
<b>4B Manejo de estiércol</b>	
<b>4B1 Ganado</b>	
<b>4B1a Lechero</b>	<b>100501 Manejo de compuestos orgánicos del estiércol – vacas lecheras</b>
<b>4B1b no lechero</b>	<b>100502 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – otro ganado</b>
<b>4B2 Búfalos</b>	<b>100514 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Búfalos</b>
<b>4B3 Ovejas</b>	<b>100505 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Ovejas</b>
<b>4B4 Cabras</b>	<b>100511 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Cabras</b>
<b>4B5 Camellos y Llamas</b>	<b>100513 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Camellos</b>
<b>4B6 Caballos</b>	<b>100506 Manejo de compuestos orgánicos</b>

	<b>de estiércol – Caballos</b>
<b>4B7 Mulas y asnos</b>	<b>100512 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Mulas y asnos</b>
<b>4B8 Cerdos</b>	<b>100503 a 100504 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – Cerdos de engorda y puercas</b>
<b>4B9 Aves</b>	<b>100507 a 100509 Manejo de compuestos orgánicos de estiércol – gallinas ponedoras, pollos y otras aves</b>
<b>4B10 Fermentación Anaeróbica</b>	<b>100901 Manejo de compuestos de nitrógeno de estiércol - anaeróbico</b>
<b>4B11 Sistemas líquidos</b>	<b>100902 Manejo de compuestos de nitrógeno de estiércol - sistemas líquidos</b>
<b>4B12 Almacenamiento en seco y lotes de secado</b>	<b>100903 Manejo de compuestos de nitrógeno de estiércol - almacenamiento de sólidos y lotes de secado</b>
<b>4B13 Otros</b>	<b>100904 Manejo de compuestos de nitrógeno de estiércol – Otros manejos 100510 a 100515 Manejo de compuestos de nitrógeno de estiércol – animales de piel y otros animales</b>
<b>4C Cultivo de Arroz</b>	
<b>4C1 Cultivo irrigado</b>	<b>100103 a 100203 Campos de arroz con y sin fertilizantes</b>
<b>4C2 Cultivo de temporal</b>	<b>100103 a 100203 Campos de arroz con y sin fertilizantes</b>
<b>4C3 Cultivo en pantanos</b>	<b>100103 a 100203 Campos de arroz con y sin fertilizantes</b>
<b>4C4 Otros</b>	<b>100103 a 100203 Campos de arroz con y sin fertilizantes</b>
<b>4D Suelos Agrícolas</b>	<b>1001 Cultivos con fertilizantes Excepto 100103 (100101, 100102 y 100104 a 100106) 1002 Cultivos con fertilizantes Excepto 100203 (100201, 100202 y 100204 a 100206) 1105 N<sub>2</sub>O de fugas de nitrógeno en Tierras inundadas 1106 N<sub>2</sub>O de fugas de nitrógeno en Aguas</b>
<b>4E Quemadas programadas de suelos</b>	
<b>4F Quemadas in-situ de residuos agrícolas</b>	
<b>4F1 Cereales</b>	<b>100301 Cereales</b>
<b>4F2 Leguminosas</b>	<b>100302 Leguminosas</b>
<b>4F3 Tubérculos y raíces</b>	<b>100303 Tubérculos y raíces</b>
<b>4F4 Caña de azúcar</b>	<b>100304 Caña de azúcar</b>

<b>4F5 Otros</b>	<b>100305 Otros</b>
<b>4G Otros</b>	<b>100601 a 100604 Uso de pesticidas y cal</b>
<b>5 Cambio del uso de suelo y Silvicultura</b>	
<b>5A Cambio en existencia de bosques y otra biomasa leñosa</b>	
<b>5A1 Bosques tropicales</b>	<b>112101 Bosques tropicales</b>
<b>5A2 Bosques templados</b>	<b>112102 Bosques templados</b>
<b>5A3 Bosques boreales</b>	<b>112103 Bosques boreales</b>
<b>5A4 Pastizales, sabana tropical y tundra</b>	<b>112104 Pastizales/Tundra</b>
<b>5A5 Otros</b>	<b>112105 Otros</b>
<b>5B Conversión de bosques y pastizales</b>	
<b>5B1 Bosques tropicales</b>	<b>112201 Bosques tropicales</b>
<b>5B2 Bosques templados</b>	<b>112202 Bosques templados</b>
<b>5B3 Bosques boreales</b>	<b>112203 Bosques boreales</b>
<b>5B4 Pastizales, sabana tropical y tundra</b>	<b>112204 Pastizales/Tundra</b>
<b>5B5 Otros</b>	<b>112205 Otros</b>
<b>5C Abandono de tierras</b>	
<b>5C1 Bosques tropicales</b>	<b>112301 Bosques tropicales</b>
<b>5C2 Bosques templados</b>	<b>112302 Bosques templados</b>
<b>5C3 Bosques boreales</b>	<b>112303 Bosques boreales</b>
<b>5C4 Pastizales, sabana tropical y tundra</b>	<b>112304 Pastizales/Tundra</b>
<b>5C5 Otros</b>	<b>112305 Otros</b>
<b>5D Emisiones y captura de CO2 de suelo</b>	<b>100601 a 100604 Uso de pesticidas y cal</b> <b>1124 Emisiones de CO2 de/o remociones de suelos (excepto 1006)</b>
<b>5E Otros</b>	<b>111104 a 111117 Manejo de bosques de hoja ancha</b> <b>111204 a 111216 Manejo de bosques de coníferas</b> <b>1125 Otros</b>
<b>6 Desechos</b>	
<b>6A Disposición de residuos sólidos en suelo</b>	
<b>6A1 Disposición administrada de residuos</b>	<b>090401 Disposición administrada de desechos</b>
<b>6A2 Disposición no administrada de residuos</b>	<b>090402 Disposición no administrada de desechos</b>
<b>6A3 Otros</b>	<b>090403 Otros</b>
<b>6B Manejo y Tratamiento de aguas residuales</b>	
<b>6B1 Aguas residuales industriales</b>	<b>091001 Tratamiento de agua residual en la industria</b>
<b>6B2 Aguas residuales domesticas y comerciales</b>	<b>091002 Tratamiento de aguas residuales en los sectores residencial y comercial</b> <b>091007 Letrinas</b>

<b>6B3 Otros</b>	
<b>6C Incineración de residuos</b>	<b>090201 y 090202 Incineración de desechos municipales/industriales</b> <b>090204 Quemado en antorcha en la industria química</b> <b>090205 Incineración de los lodos de la aguas residuales</b> <b>090207 Incineración de los desechos de hospitales</b> <b>090208 Incineración de aceites gastados</b> <b>0907 Quemado a cielo abierto de desechos agrícolas (no en el terreno)</b> <b>0909 Cremación (090901 a 090902)</b>
<b>6D Otros residuos</b>	<b>091003 Dispersión de lodos</b> <b>091005 Producción de compostas de desechos</b> <b>091006 Producción de biogás</b> <b>091008 Otra producción de combustibles</b>
<b>7 Otros</b>	<b>0507 Extracción de Energía geotérmica</b>

<b>Códigos SNAP que no están ubicados en las categoría del IPCC</b>	
<b>0707</b>	<b>Uso de llantas y frenos de automóvil</b>
<b>040413</b>	<b>Cloro</b>
<b>1101</b>	<b>Bosques de hojas anchas no administrados (110104 a 110111 y 110115 a 110117)</b>
<b>1102</b>	<b>Bosques de coníferas no administrados (110204 a 110212 y 110215 a 110216)</b>
<b>1103</b>	<b>Incendios forestales (110301 y 110302)</b>
<b>1104</b>	<b>Pastizales naturales (110401 a 110405)</b>
<b>1105</b>	<b>Tierras inundadas (pantanos – ciénagas) (110501 a 110505)</b>
<b>1106</b>	<b>Aguas (110601 a 110607)</b>
<b>1107</b>	<b>Animales (110701 a 110703)</b>
<b>1108</b>	<b>Volcanes</b>
<b>1109</b>	<b>Escapes de gas</b>
<b>1110</b>	<b>Rayos</b>

<b>Tabla E</b>				
<b>Integración de Categorías de Fuentes entre Inventarios</b>				
IPCC		INEM		
l	ENERGIA	TIPO	Categoría Mayor	Categorías
1A	<b>ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLES</b>			
1A1	<b>INDUSTRIAS DE LA ENERGIA</b>			
1A1a	PRODUCCION DE CALOR Y ELECTRICIDAD PUBLICA			
i	GENERACION DE ELECTRICIDAD PUBLICA	Puntual	Plantas de Electricidad	Plantas de electricidad
ii	GENERACION PUBLICA DE CALOR Y POTENCIA COMBINADOS			
iii	PLANTAS DE CALOR PUBLICAS			
1A1b	REFINACION DEL PETROLEO	Puntual	Refinación Petróleo y otros	Refinación Petróleo y otros
1A1c	MANUFACTURA DE COMBUSTIBLES SOLIDOS Y OTRAS INDUSTRIAS DE ENERGIA			
i	MANUFACTURA DE COMBUSTIBLES SOLIDOS			
ii	OTRAS INDUSTRIAS DE ENERGIA			
1A2	<b>INDUSTRIAS DE MANUFACTURA Y CONSTRUCCION</b>			
1A2a	HIERRO Y ACERO	Puntual	Manufactura y otros procesos industriales	Metalurgia primaria
1A2b	METALES NO FERROSOS	Puntual	Manufactura y otros procesos industriales	Manufactura de productos metálicos elaborados
1A2c	QUIMICOS	Puntual	Manufactura y otros procesos industriales	Manufactura de Químicos Manufactura de productos de plástico y hule
1A2d	PULPA, PAPEL E IMPRENTA	Puntual	Manufactura y otros procesos industriales	Manufactura de Papel
1A2e	PROCESAMIENTO DE COMESTIBLES, BEBIDAS Y TABACO	Puntual	Manufactura y otros procesos industriales	Manufactura Alimentos Manufactura bebidas y derivados de Tabaco

1A2f	OTRAS		Puntual	Minería Manufactura y otros procesos industriales	Minería Manufactura de productos metálicos elaborados Manufactura de productos minerales no metálicos Manufactura de maquinaria Manufactura de equipo de transporte
1A3	<b>TRANSPORTE</b>				
1A3a	AVIACION CIVIL				
i	INTERNACIONAL (BUNKERS INTERNACIONALES)	de Área	Otras fuentes de área	Aeronaves	
ii	LOCAL				
1A3b	AUTOTRANSPORTE				
i	AUTOMOVILES	Vehículos Automotores	Vehículos Automotores en ruta	Automóviles	
ii	VEHICULOS DE CARGA LIGERA			Vehículos de servicio ligero	
iii	AUTOBUSES Y VEHICULOS DE CARGA PESADA			Autobuses y Vehículos de servicio pesado	
v	MOTOCICLETAS			Motocicletas	
v	EMISIONES EVAPORATIVAS DE LOS VEHICULOS			Emisiones evaporativas	
1A3c	FERROCARRIL	de Área	Otras fuentes de área	Locomotoras	
1A3d	NAVES MARITIMAS				
i	INTERNACIONAL (BUNKERS INTERNACIONALES)	de Área	Otras fuentes de área	Embarcaciones comerciales	
ii	LOCAL				
1A3e	OTRO TRANSPORTE				
i	DUCTOS				
ii	NO CARRETERO				
1A4	<b>OTROS SECTORES</b>				
1A4a	COMERCIAL/INSTITUCIONAL	de Área	Combustión industrial de combustibles	Combustión Comercial (destilados) Combustión Comercial (residual) Combustión Comercial (GLP) Combustión Comercial (GN)	
1A4b	RESIDENCIAL	de Área	Otros usos de combustibles	Combustión domestica (leña) Combustión domestica (diáfano) Combustión domestica (GLP) Combustión domestica (GN)	
1A4c	AGRICULTURA/SILVICULTURA/PESCA	de Área	Otros usos de combustibles	Combustión agrícola (GLP) Combustión agrícola (diáfano)	
i	ESTACIONARIAS				
ii	VEHICULOS QUE NO CIRCULAN POR CARRETERA Y OTRA MAQUINARIA	Fuentes Móviles que no circulan	Fuentes Móviles que no circulan en carretera	Todas	

iii	PESCA	por carretera		
1A5	<b>OTRAS</b>			
1A5a	ESTACIONARIAS			
1A5b	MOVILES			
1B	<b>EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES</b>			
1B1	<b>COMBUSTIBLES SOLIDOS</b>			
1B1a	MINADO DE CARBON			
i	MINAS SUBTERRANEAS			
ii	MINAS EN SUPERFICIE			
1B1b	TRANSFORMACION DE LOS COMBUSTIBLES SOLIDOS			
1B1c	OTRAS			
1B2	<b>PETROLEO Y GAS NATURAL</b>			
1B2a	PETROLEO			
i	EXPLORACION			
ii	PRODUCCION	Puntual	Minería	Extracción de Petróleo
iii	TRANSPORTE			
v	i REFINACION/ALMACENAMIENTO			
v	DISTRIBUCION DE LOS PRODUCTOS DEL PETROLEO			
vi	OTROS			
1B2b	GAS NATURAL			
i	PRODUCCION/PROCESAMIENTO			
ii	TRANSMISION/DISTRIBUCION			
iii	OTRAS FUGAS			
1B2c	VENTEO Y QUEMADO EN ANTORCHA			
i	PETROLEO			
ii	GAS NATURAL			
iii	COMBINADO (CASO EN QUE NO PUEDAN SEPARARSE)			

Tabla F

Consumo Combustibles (PJ)													
Año	Sector	Combustible											
		Carbón	Coque	Leña	Bagazo	Gasolina	GLP	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Gas natural	Electricidad	
1999	Residencial			250.2			286.47	1.565			19.183	120.136	
	Comercial						56.79		3.529		6.386	39.47	
	Institucional											19.555	
	Agrícola						8.472	0.053	79.57			28.786	
	Industrial		93.26		86.58		38.251	0.519	54.39	202.504	372.482	310.397	
	Transporte					957.21	35.344	114.394	428.8	8.424	0.354	3.645	
	Subtotal	0	93.26	250.2	86.58	957.21	425.33	116.531	566.3	210.928	398.405	521.989	
	Generación	178.7								17.54	887.531	272.971	
	Refinación					48.069	9.172	0.046	23.22	99.617	65.263		
	Coquizadoras		1.016										
	Plantas Gas										477.3		
	Total	178.7	94.28	250.2	86.58	1005.3	434.5	116.577	607	1198.08	1213.94	521.989	
2002	Residencial			255.1			285.06	1.595			24.464	140.515	
	Comercial						65.635		3.005		7.721	45.169	
	Institucional											21.805	
	Agrícola						8.549	0.042	72.92			25.978	
	Industrial	4.536	121.3		84.29		39.397	1.695	40.39	155.293	369.374	345.665	
	Transporte					1043	53.758	108.888	417.9	4.762	0.666	4.068	
	Subtotal	4.536	121.3	255.1	84.29	1043	452.4	112.22	534.2	160.055	402.225	583.2	
	Generación	264.1								15.18	787.562	529.026	
	Refinación					22.912	5.564	0.037	23.21	89.921	65.503		
	Coquizadoras		0.745										
	Plantas Gas										407.986		
	Total	268.6	122.1	255.1	84.29	1065.9	457.96	112.257	572.6	1037.54	1404.74	583.2	

**Tabla 1: Factores de Emisión utilizados en las Industrias Energéticas**

<b>Factores de Emisión (kg/TJ)</b>						
	<b>CO2</b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>COVDM</b>
<b>Carbón</b>	tC/TJ					
Bituminoso Pulverizado, Fondo Seco, Quemado en pared	25.8	9	0.7	380	1.6	5
<b>Combustóleo</b>						
Quemado Normal	21.1	15	0.9	200	0.3	5
<b>Diesel</b>						
Quemado Normal	20.2	16	0.9	220	0.4	5
<b>Gas Natural</b>						
Calderas	15.3	18	0.1	250	0.1	5

Los factores de emisión de carbono de tabla 1-1 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.13.

Los factores de emisión de table 1-15 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.53. Los factores de emisión de COVDM de table 1-11 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.42.

**Tabla 2: Factores de Emisión utilizados en las Industrias de Manufactura y Construcción**

<b>Factores de Emisión (kg/TJ)</b>						
	<b>CO2</b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>COVDM</b>
<b>Carbón</b>	tC/TJ					
Bituminoso Pulverizado, Fondo Seco, Quemado en Pared	25.8	9	0.7	380	1.6	20
<b>Combustóleo</b>						
Calderas	21.1	15	3	170	0.3	5
<b>Diesel</b>						
Calderas	20.2	16	0.2	65	0.4	
<b>Gas Natural</b>						
Calderas	15.3	16	1.4	64	0.1	5
<b>Biomasa</b>						
Calderas	29.9	4000	30	100	4	50

Los factores de emisión de carbono de tabla 1-1 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.13.

Los factores de emisión de tabla 1-16 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.54. Los factores de emisión de COVDM de tabla 1-11 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.42.

**Tabla 3: Factores de Emisión utilizados para el Sector Residencial**

<b>Factores de Emisión (kg/TJ)</b>						
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>COVDM</b>
<b>GLP</b>	tC/TJ					
	17.2	20	10	100	0.6	5
<b>Gas Natural</b>						
	15.3	50	5	50	0.1	5
<b>Leña</b>						
	29.9	5000	300	100	4	600

Los factores de emisión de carbono de tabla 1-1 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.13.

Los factores de emisión de tablas 1-7; 1-8; 1-9; 1-10; y 1-11 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, págs. 1.35; 1.36; 1.38; 1.40; y 1.42.

**Tabla 4: Factores de Emisión utilizados para el Sector Comercial**

<b>Factores de Emisión (kg/TJ)</b>						
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>COVDM</b>
<b>Diesel</b>	tC/TJ					
Calderas	20.2	16	0.7	65	0.4	5
<b>GLP</b>						
Calderas	17.2	10.2	10	70.5	0.6	5
<b>Gas Natural</b>						
Calderas	15.3	9.4	1.2	45	2.3	5

Los factores de emisión del carbono de tabla 1-1 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.13.

Los factores de emisión de tabla 1-19 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.57. Los factores de emisión de COVDM de tabla 1-11 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.42.

**Tabla 5: factores de Emisión utilizados para el Sector Agrícola**

<b>Factores de Emisión (kg/TJ)</b>						
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>COVDM</b>
<b>Diesel</b>	tC/TJ					
Móviles	20.2	1000	5	1200	0.6	200

Los factores de emisión de carbono de tabla 1-1 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, pg. 1.13.

Los factores de emisión de tablas 1-7; 1-8; 1-9; 1-10; y 1-11 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual, págs. 1.35; 1.36; 1.38; 1.40; y 1.42.

**Tabla 6: Factores de Emisión utilizados para Vehículos Automotores**

<b>Factores de Emisión del Transporte Automotor (kg/TJ).</b>					
<b>Gasolina</b>					
	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>COVDM</b>
1990	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1991	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1992	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1993	45.390	1.767	419.076	7707.146	756.498
1994	43.895	2.050	402.197	7396.723	731.587
1995	43.242	2.174	394.824	7261.128	720.706
1996	42.205	2.371	383.109	7045.682	703.416
1997	40.685	2.659	365.941	6729.955	678.079
1998	38.681	3.039	343.318	6313.896	644.690
1999	36.719	3.410	321.161	5906.405	611.992
2000	34.215	3.885	292.878	5386.338	570.248
2001	31.740	4.354	264.927	4872.392	528.998
2002	29.686	4.743	241.734	4445.947	494.770
<b>Gas licuado</b>					
	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>COVDM</b>
1990	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1991	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1992	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1993	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1994	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1995	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1996	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1997	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1998	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
1999	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
2000	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
2001	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000
2002	46.800	1.500	435.000	8000.000	780.000

Factores de Emisión del Transporte Automotor (kg/TJ) (continuación)

Gas Natural					
	<i>CH<sub>4</sub></i>	<i>N<sub>2</sub>O</i>	<i>NOx</i>	<i>CO</i>	<i>COVDM</i>
1990	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1991	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1992	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1993	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1994	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1995	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1996	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1997	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1998	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
1999	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
2000	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
2001	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
2002	50.000	0.100	600.000	400.000	5.000
Diesel					
	<i>CH<sub>4</sub></i>	<i>N<sub>2</sub>O</i>	<i>NOx</i>	<i>CO</i>	<i>COVDM</i>
1990	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1991	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1992	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1993	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1994	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1995	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1996	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1997	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1998	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
1999	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
2000	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
2001	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000
2002	5.000	0.600	677.000	1000.000	200.000

**Tabla 7: Factores de Emisión de SO<sub>2</sub> utilizados para Vehículos Automotores**

<b>Factores de Emisión de SO<sub>2</sub> (kg/TJ).</b>								
	<b>Gasolina</b>				<b>Gas licuado</b>	<b>Diesel</b>		
	<b>Nova</b>	<b>Magna resto país</b>	<b>Magna ZMVM</b>	<b>Premium</b>		<b>Nacional</b>	<b>Desulfurado</b>	<b>SIN</b>
1990	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1991	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1992	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1993	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1994	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1995	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1996	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1997	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1998	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
1999	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
2000	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
2001	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900
2002	67.390	44.920	22.460	22.460	5.920	457.980	228.990	22.900

**Tabla 8: Emisiones GEI y Precusores de Ozono del Sector Energía para 1999 con Metodologías PICC**

<b>Gases de Efecto Invernadero y Precusores del Ozono (kt) en 1999</b>							
<b>Sector</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>COVDM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
Ind. Energía	144698.46	1.18	0.69	31.45	473.55	10.09	2113.68
Industrial	52601.50	4.01	0.62	357.56	118.20	9.54	507.29
Residencial	19068.42	78.03	1.18	1257.69	54.78	151.65	2.04
Comercial	4160.97	0.61	0.04	0.62	4.25	0.30	1.14
Transporte	106142.49	39.13	3.73	6098.34	674.85	674.75	60.58
Agrícola	6367.13	0.44	0.05	88.09	105.71	17.62	17.95
Total	333038.98	123.41	6.31	7833.75	1431.34	863.95	2702.67

**Tabla 9: Emisiones GEI y Precursores del Ozono del Sector Energía para 2002 con metodologías PICC**

Gases de Efecto Invernadero y Precursores del Ozono (kt) en 2002							
Sector	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVDM	SO <sub>2</sub>
Ind. Energía	152469.36	1.14	0.81	34.59	540.15	11.06	1984.56
Industrial	51025.37	3.81	0.58	348.09	108.80	8.95	388.47
Residencial	19277.12	79.51	1.19	1282.39	55.40	154.61	2.10
Comercial	4749.31	0.70	0.04	0.70	4.84	0.34	1.09
Transporte	111959.96	35.77	5.40	5068.99	595.99	602.34	55.97
Agrícola	5883.83	0.41	0.05	81.51	97.82	16.30	16.90
Total	345364.95	121.33	8.07	6816.28	1402.99	793.60	2449.09

**Tabla 10: Proyecciones de Consumo de Combustible en Generación de Electricidad**

Escenario	Combustible	1999	2002	2008	2012	2030
		PJ				
PIB 3.5%	Viento	0.062	0.073	5.015	16.588	53.265
	Uranio	108.260	106.979	171.049	211.296	362.222
	Agua	336.146	259.054	316.309	356.997	442.680
	Geotermia	57.778	56.245	62.124	69.743	80.238
	Gas natural	272.971	529.026	951.219	1284.114	3547.239
	Electricidad	31.993	38.362	43.797	52.956	121.458
	Diesel	17.540	15.216	34.247	40.372	66.532
	Combustóleo	887.531	787.613	386.242	265.100	117.593
	Carbón	178.690	264.137	254.714	304.176	499.824

Nota: El combustible "Electricidad" es utilizado para satisfacer las necesidades internas en el sistema eléctrico. Las dos columnas en amarillo corresponden a los años que fueron seleccionados como años base para los dos inventarios

**Tabla11: Emisiones de GEI para 2008, 2012 y 2030**

Proyecciones de Emisiones para los Sectores de la Energía (Gg)						
Escenario	2008					
	Sector	CO <sub>2</sub> eq	CO	NOx	COVDM	SO <sub>2</sub>
PIB 3.5%	Ind. Energía	140004	33.201	521.245	10.343	1,230.99
	Industrial	62344	113.928	59.272	8.81698	785.103
	Residencial	17686.59	1271.7	47.947	153.076	2261.6
	Comercial	4844.22	0.797812	5.16633	0.3834	1.41728
	Agricultura	6646.14	83.745	100.947	16.772	19.414
	Transporte	153028	2253.56	568.903	372.408	57.195
	Total	384552.95	3756.931812	1303.48033	561.79938	4355.71928
Escenario	2012					
	Sector	CO <sub>2</sub> eq	CO	NOx	COVDM	SO <sub>2</sub>
PIB 3.5%	Ind. Energía	155146	38.044	602.003	11.723	1,065.00
	Industrial	68174	128.123	64.59	9.80935	755.566
	Residencial	19244.41	1215.28	48.506	146.297	2581.6
	Comercial	5385.26	0.889453	5.71714	0.425769	1.73488
	Agricultura	6493.36	81.748	98.545	16.372	18.951
	Transporte	174290	2552.2	646.157	417.797	62.652
	Total	428733.03	4016.284453	1465.51814	602.424119	4485.50388
Escenario	2030					
	Sector	CO <sub>2</sub> eq	CO	NOx	COVDM	SO <sub>2</sub>
PIB 3.5%	Ind. Energía	318655	85.029	1,302.00	25.51	1,157.82
	Industrial	113431	217.194	106.023	16.57027	605.844
	Residencial	26131.58	1008.16	51.946	121.425	4069.71
	Comercial	8222.69	1.37115	8.54041	0.649153	3.47808
	Agricultura	5802.37	72.717	87.683	14.565	16.859
	Transporte	326577	4816.3	1188.31	776.035	100.292
	Total	798819.64	6200.77115	2744.50241	954.754423	5954.00308

**Tabla12: Comparación de Estimados de Contaminantes del Aire en los dos Inventarios**

Gases de Efecto Invernadero y Precursores del Ozono para los sectores de la Energía (kt) en 1999							
Sector	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NM <sub>VOC</sub>	SO <sub>2</sub>
Ind. Energía	144698.46	1.18	0.69	31.45	473.55	10.09	2113.68
Industrial	52601.50	4.01	0.62	357.56	118.20	9.54	507.29
Residencial	19068.42	78.03	1.18	1257.69	54.78	151.65	2.04
Comercial	4160.97	0.61	0.04	0.62	4.25	0.30	1.14
Transporte	106142.49	39.13	3.73	6098.34	674.85	674.75	60.58
Agrícola	6367.13	0.44	0.05	88.09	105.71	17.62	17.95
Total	333038.98	123.41	6.31	7833.75	1431.34	863.95	2702.67
Contaminantes del Aire (kt) en 1999							
Fuentes	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	VOC	SO <sub>2</sub>
Puntuales				167.61	448.88	247.86	2633.94
Área				2024.72	265.90	426.54	194.10
Vehículos				4671.84	435.67	573.04	24.45
Móviles NC				153.60	263.77	35.17	3.49
Total				7017.78	1414.21	1282.60	2855.98
Diferencia				10.42%	1.20%	-48.46%	-5.67%

Nota: Las cifras reportadas en fuentes puntuales y fuentes de área corresponde solamente a aquellas fuentes que tienen que ver con la quema de combustibles para producción de electricidad y energía térmica

**Tabla13: Comparación de las Emisiones Proyectadas de ambos inventarios**

Comparación de las Proyecciones de Emisiones de los Inventarios (Gg)				
	2008			
	CO	NO <sub>x</sub>	COVDM	SO <sub>2</sub>
IPCC	3756.932	1303.480	561.799	4355.719
INEM	5673.996	1605.183	1243.651	2726.185
	2012			
	CO	NO <sub>x</sub>	COVDM	SO <sub>2</sub>
IPCC	4016.284	1465.518	602.424	4485.504
INEM	4749.650	1719.146	1155.451	2691.701
	2030			
	CO	NO <sub>x</sub>	COVDM	SO <sub>2</sub>
IPCC	6200.771	2744.502	954.754	5954.003
INEM	6895.443	2633.407	1402.375	3393.341

Las emisiones reportadas para INEM corresponden a las proyectadas por ERG [9] pero considerando únicamente las categorías de fuentes que queman combustibles