

# 2

---

# ENERGÍA

## **COPRESIDENTES, EDITORES Y EXPERTOS**

### **Copresidentes de la Reunión de expertos sobre emisiones procedentes de la energía**

Taka Hiraishi (Japón) y Buruhani Nyenzi (República Unida de Tanzania)

#### **EDITOR REVISOR**

Marc Gillet (Francia)

#### **AUTORES DEL DOCUMENTO GENERAL DE ANTECEDENTES**

Jeroen Meijer (AIE) y Tinus Pullus (Países Bajos)

### **Grupo de expertos: Emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión**

#### **COPRESIDENTES**

Tim Simmons (Reino Unido) y Milos Tichy (República Checa)

#### **AUTOR DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

Tim Simmons (Reino Unido)

#### **AUTORES COLABORADORES**

Agus Cahyono Adi (Indonesia), Monika Chandra (EE.UU.), Sal Emmanuel (Australia), Jean-Pierre Fontelle (Francia), Pavel Fott (República Checa), Kari Gronfors (Finlandia), Dietmar Koch (Alemania), Wilfred Kipondya (Tanzania), Sergio Lamotta (Italia), Elliott Lieberman (EE.UU.), Katarina Mareckova (IPCC/OCDE), Roberto Acosta (secretaría de la CMCC), Newton Paciornik (Brasil), Tinus Pulles (Países Bajos), Erik Rasmussen (Dinamarca), Sara Ribacke (Suecia), Bojan Rode (Eslovenia), Arthur Rypinski (EE.UU.), Karen Treanton (AIE) y Stephane Willems (OCDE)

### **Grupo de expertos: Emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión**

#### **COPRESIDENTES**

Samir Amous (Túnez) y Astrid Olsson (Suecia)

#### **AUTOR DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

Samir Amous (Túnez)

#### **AUTORES COLABORADORES**

Ijaz Hossain (Bangladesh), Darío Gómez (Argentina), Markvart Miroslav (República Checa), Jeroen Meijer (AIE), Michiro Oi (Japón), Uma Rajarathnam (India), Sami Tuhkanen (Finlandia) y Jim Zhang (EE.UU.)

### **Grupo de expertos: Fuentes móviles de combustión: Transporte por carretera**

#### **COPRESIDENTES**

Michael Walsh (EE.UU.) y Samir Mowafy (Egipto)

#### **AUTOR DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

Simon Eggleston (Reino Unido)

**AUTORES COLABORADORES**

Javier Hanna (Bolivia), Frank Neitzert (Canadá), Anke Herold (Alemania), Taka Hiraishi (Japón), Buruhani Nyenzi (Tanzania), Nejb Osman (Túnez), Simon Eggleston (Reino Unido), David Greene (Reino Unido), Cindy Jacobs (EE.UU.) y Jean Brennan (EE.UU.)

**Grupo de expertos: Fuentes móviles de combustión: Navegación acuática****PRESIDENTE**

Wiley Barbour (EE.UU.)

**AUTORES DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

Wiley Barbour, Michael Gillenwater, Paul Jun

**AUTORES COLABORADORES**

Leonie Dobbie (Suiza), Robert Falk (Reino Unido), Michael Gillenwater (EE.UU.), Robert Hoppaus (IPCC/OCDE), Roberto Acosta (Secretaría de la CMCC), Gilian Reynolds (Reino Unido) y Kristin Rypdal (Noruega)

**Grupo de expertos: Fuentes móviles de combustión: Aviación****PRESIDENTE**

Kristin Rypdal (Noruega)

**AUTOR DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

Kristin Rypdal (Noruega)

**AUTORES COLABORADORES**

Wiley Barbour (EE.UU.), Leonie Dobbie (IATA), Robert Falk (Reino Unido), Michael Gillenwater (EE.UU.) y Robert Hoppaus (IPCC/OCDE)

**Grupo de expertos: Emisiones fugitivas procedentes de la extracción y manipulación del carbón****COPRESIDENTES**

David Williams (Australia) y Oleg Tailakov (Federación de Rusia)

**AUTORES DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

William Irving (EE.UU.) y Oleg Tailakov (Federación de Rusia)

**AUTORES COLABORADORES**

William Irving (EE.UU.) y Huang Shenchu (China)

**Grupo de expertos: Emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas natural****COPRESIDENTES**

David Picard (Canadá) y José Domingos Miguez (Brasil)

**AUTOR DEL DOCUMENTO DE ANTECEDENTES**

David Picard (Canadá)

**AUTORES COLABORADORES**

Marc Darras (Francia), Eilev Gjerald (Noruega), Dina Kruger (EE.UU.), Robert Lott (EE.UU.), Katarina Mareckova (IPCC/OCDE), Marc Phillips (EE.UU.) y Jan Spakman (Países Bajos)

# Índice

## 2 ENERGÍA

2.1	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN .....	2.8
2.1.1	Aspectos metodológicos.....	2.8
2.1.2	Presentación de informes y documentación .....	2.16
2.1.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.17
Apéndice 2.1A.1	Comunicación de datos sobre las emisiones de moléculas con átomos de carbono de origen fósil, de acuerdo con las categorías de fuentes previstas en las <i>Directrices del IPCC</i> .....	2.19
Apéndice 2.1A.2	Método de estimación del contenido de carbono sobre la base de la gravedad API y el contenido de azufre .....	2.20
Apéndice 2.1A.3	Valores caloríficos netos de 1990 por países .....	2.26
2.2	EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO <sub>2</sub> PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN .....	2.38
2.2.1	Aspectos metodológicos.....	2.38
2.2.2	Presentación de informes y documentación .....	2.43
2.2.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.44
2.3	FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: VEHÍCULOS DE CARRETERA .....	2.44
2.3.1	Aspectos metodológicos.....	2.45
2.3.2	Presentación de informes y documentación .....	2.52
2.3.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.52
2.4	FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: NAVEGACIÓN ACUÁTICA .....	2.54
2.4.1	Aspectos metodológicos.....	2.54
2.4.2	Presentación de informes y documentación .....	2.59
2.4.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.60
2.5	FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: AERONAVES .....	2.61
2.5.1	Aspectos metodológicos.....	2.61
2.5.2	Presentación de informes y documentación .....	2.68
2.5.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.69
Apéndice 2.5A.1	Uso de combustible y distancia media recorrida por sector por tipos representativos de aeronaves .....	2.70
Apéndice 2.5A.2	Correspondencia entre aeronaves representativas y otros tipos de aeronaves.....	2.72
Apéndice 2.5A.3	Factores de consumo de combustible de las aeronaves militares .....	2.73
2.6	EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DEL CARBÓN .....	2.75
2.6.1	Aspectos metodológicos.....	2.75
2.6.2	Presentación de informes y documentación .....	2.83
2.6.3	Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.83

---

2.7 EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL.....	2.85
2.7.1 Aspectos metodológicos.....	2.85
2.7.2 Presentación de informes y documentación .....	2.100
2.7.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC).....	2.100
REFERENCIAS .....	2.101

## Figuras

Figura 2.1	Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO <sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión .....	2.10
Figura 2.2	Árbol de decisiones para seleccionar los valores caloríficos y los factores de emisión del carbono .....	2.12
Figura 2.3	Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de gases distintos del CO <sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión .....	2.39
Figura 2.4	Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO <sub>2</sub> procedentes de los vehículos de carretera.....	2.46
Figura 2.5	Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O procedentes de los vehículos de carretera .....	2.47
Figura 2.6	Árbol de decisiones aplicable a las emisiones procedentes de la navegación acuática.....	2.55
Figura 2.7	Árbol de decisiones sobre la metodología aplicable a las aeronaves .....	2.623
Figura 2.8	Árbol de decisiones sobre los datos de actividad de las aeronaves.....	2.64
Figura 2.9	Árbol de decisiones aplicable a las actividades de extracción y manipulación del carbón.....	2.76
Figura 2.10	Árbol de decisiones aplicable a las actividades de extracción y manipulación del carbón de minas subterráneas.....	2.77
Figura 2.11	Árbol de decisiones aplicable a las actividades posteriores a la extracción del mineral.....	2.778
Figura 2.12	Árbol de decisiones aplicable a los sistemas de gas natural.....	2.866
Figura 2.13	Árbol de decisiones aplicable a la producción y el transporte de petróleo crudo ...	2.877
Figura 2.14	Árbol de decisiones aplicable a las actividades de refinación y mejoramiento de petróleo crudo.....	2.88

## Cuadros

Cuadro 2.1	Comunicación de datos sobre las emisiones de moléculas con átomos de carbono de origen fósil, de acuerdo con las categorías de fuentes previstas en las Directrices del IPCC .....	2.19
Cuadro 2.2	Gravedad API y contenido de azufre característicos de distintas variedades de petróleo crudo.....	2.21
Cuadro 2.3	Valores medios de gravedad API y contenido de azufre del petróleo crudo importado por algunos de los países enumerados en el Anexo II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático .....	2.25
Cuadro 2.4	Valores caloríficos netos de 1990 por países . .....	2.26
Cuadro 2.5	Estimaciones de la incertidumbre por defecto de los factores de emisión de las fuentes fijas de combustión.....	2.42
Cuadro 2.6	Grado de incertidumbre asociada a los datos de actividad de las fuentes fijas de combustión .....	2.43
Cuadro 2.7	Factores de emisión actualizados de los vehículos estadounidenses con motor de gasolina.....	2.50
Cuadro 2.8	Criterios para distinguir el transporte marítimo nacional del internacional .....	2.57
Cuadro 2.9	Distinción entre vuelos nacionales e internacionales .....	2.66
Cuadro 2.10	Uso de combustible y distancia media recorrida por sector por tipos representativos de aeronaves.....	2.70
Cuadro 2.11	Correspondencia entre aeronaves representativas y otros tipos de aeronaves.....	2.72
Cuadro 2.12	Factores de consumo de combustible de las aeronaves militares .....	2.73
Cuadro 2.13	Consumo medio anual de combustible por hora de vuelo de las aeronaves militares de los EE.UU. en operaciones de entrenamiento en tiempo de paz.....	2.74
Cuadro 2.14	Incertidumbres probables de los factores de emisión del metano procedente de las minas de carbón .....	2.83
Cuadro 2.15	Categorías y subcategorías principales de la industria del petróleo y el gas. ....	2.89
Cuadro 2.16	Factores de emisión de nivel 1 afinados correspondientes a las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas, basados en datos de América del Norte, .....	2.92
Cuadro 2.17	Datos de actividad que se requieren normalmente para cada método de evaluación de las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas por tipo de categoría de fuentes primarias.....	2.95
Cuadro 2.18	Clasificación de las pérdidas de gas como bajas, medianas o altas en determinados tipos de instalaciones de gas natural. ....	2.98

## 2 ENERGÍA

### 2.1 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

#### 2.1.1 Aspectos metodológicos

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de fuentes fijas de combustión son el resultado de la liberación del carbono presente en los combustibles durante la combustión. Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono del combustible. Durante el proceso de combustión, la mayor parte del carbono se emite como CO<sub>2</sub> en forma inmediata. No obstante, una parte del carbono se libera en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) o compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), y todos ellos se oxidan y se convierten en CO<sub>2</sub> en la atmósfera, en un proceso que tarda desde unos pocos días hasta aproximadamente 12 años. En las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (Directrices del IPCC)*, todo el carbono liberado se contabiliza como emisiones de CO<sub>2</sub>. Los demás gases que contienen carbono también se estiman pero se declaran por separado. Los motivos de esta doble contabilización deliberada se explican en el Panorama general de las *Directrices del IPCC*. El carbono no oxidado, en forma de materia particulada, hollín o ceniza, no se incluye en el total de las emisiones de gases de efecto invernadero.

##### 2.1.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el capítulo 1, "Energía", de las *Directrices del IPCC*, se describen tres métodos: dos métodos de nivel 1 (el "método de referencia" y el "método sectorial") y el método de nivel 2/nivel 3 (un método detallado de base tecnológica, también denominado método "de abajo hacia arriba").

De acuerdo con el método de referencia, la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles se realiza en varias etapas:

- Estimación de la cantidad de combustibles fósiles que entra en el país (consumo aparente);
- Conversión a unidades de carbono;
- Substracción de la cantidad de carbono contenida en los materiales de larga duración fabricados con carbono de combustibles;
- Multiplicación por un factor de oxidación para descontar la pequeña cantidad de carbono que no se oxida;
- Conversión a CO<sub>2</sub> y suma de las emisiones de todos los combustibles.

Con arreglo al método sectorial de nivel 1, se suma el CO<sub>2</sub> total correspondiente a todos los combustibles (excepto la biomasa) y a todos los sectores. En el caso del método detallado de base tecnológica, de niveles 2 y 3, se suma el CO<sub>2</sub> total de todos los combustibles y sectores, más las tecnologías de combustión (p.ej., fuentes fijas y móviles). Ambos métodos permiten hacer estimaciones más desagregadas de las emisiones, pero también requieren una mayor cantidad de datos.

La elección del método depende de cada país y está determinada por el grado de detalle de los datos de actividad disponibles, como puede verse en la figura 2.1, "Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión". El método "de abajo hacia arriba" es generalmente el más exacto para los países que tienen datos razonablemente exhaustivos sobre su consumo de energía<sup>1</sup>. Por consiguiente, los organismos encargados de preparar los inventarios deberán hacer todo lo posible para utilizar este método si se dispone de los datos.

Aunque en general se recomienda realizar una vigilancia continua por la gran exactitud que permite lograr, no se justifica su uso únicamente respecto del CO<sub>2</sub> debido a que tiene un costo relativamente alto y no aumenta la exactitud de las estimaciones del CO<sub>2</sub>. Podría sin embargo realizarse cuando existen instalados dispositivos de

<sup>1</sup> Si la diferencia entre el consumo aparente y el consumo declarado es pequeña, entonces es probable que los datos sobre el consumo de energía sean razonablemente exhaustivos.

vigilancia para la medición de otros contaminantes como el SO<sub>2</sub> o el NO<sub>x</sub>, en los casos en que se vigila el CO<sub>2</sub> como el gas diluyente en el sistema de vigilancia<sup>2</sup>.

El método de referencia sólo permite obtener estimaciones agregadas de las emisiones por tipo de combustible, distinguiendo entre combustibles primarios y secundarios, mientras que el método sectorial clasifica estas emisiones por categoría de fuentes. Debido a esa característica de agregadas que tienen las estimaciones del método de referencia, las emisiones procedentes de fuentes fijas de combustión no pueden distinguirse de las emisiones procedentes de fuentes móviles. De la misma manera, el método sectorial no siempre consigue diferenciar entre distintas categorías de fuentes de emisiones dentro de una misma actividad económica (p.ej., entre el uso de gas o petróleo para calefacción o para maquinaria móvil para uso fuera de carretera u otro tipo de maquinaria en el sector de la construcción).

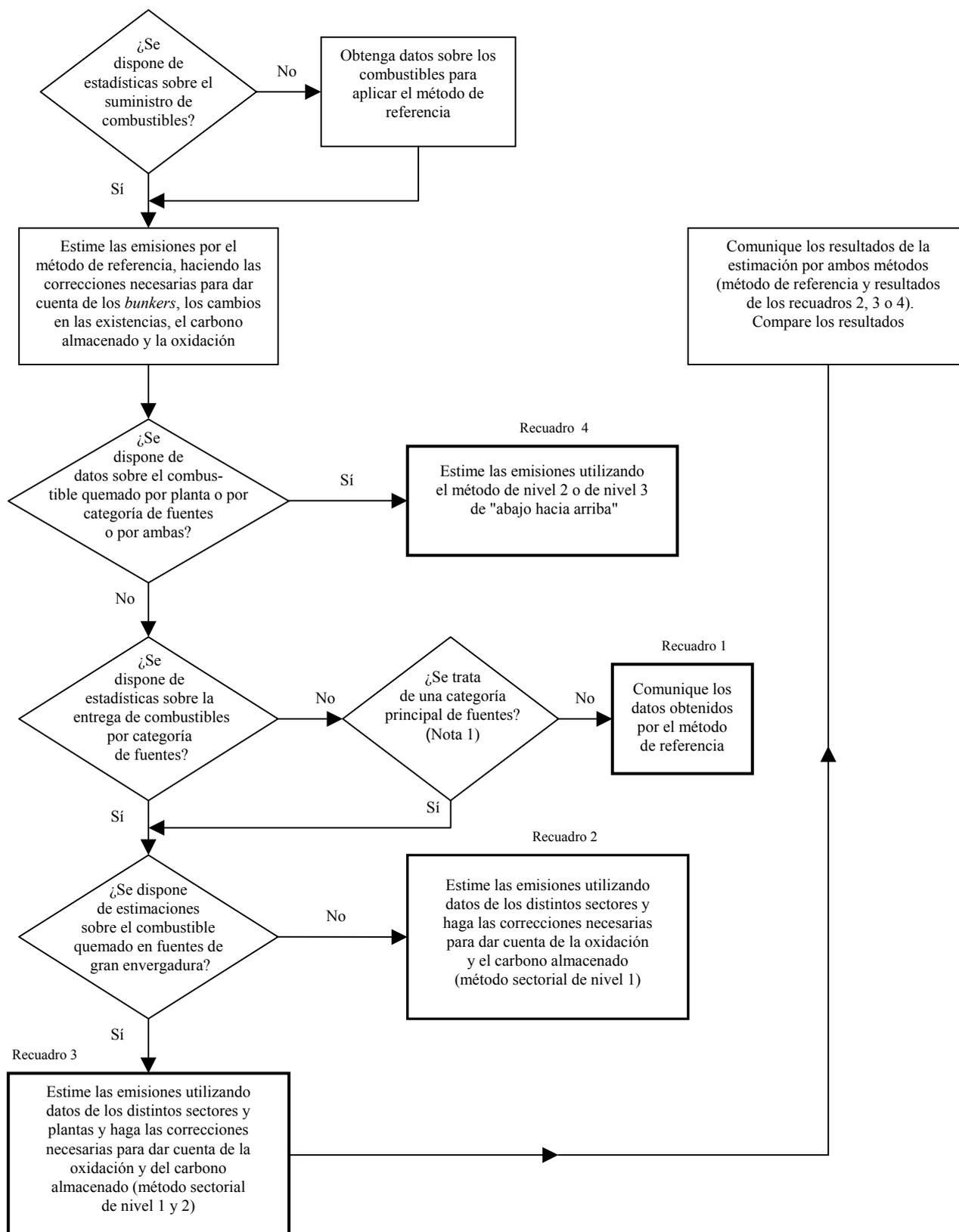
Las estimaciones de las emisiones basadas en el método de referencia no serán exactamente iguales a las que se hagan por el método sectorial. Estos dos métodos miden las emisiones en puntos diferentes y usan definiciones ligeramente distintas. Sin embargo, las diferencias entre ambos métodos no deberían ser significativas.

No obstante, en algunos países puede haber diferencias considerables y sistemáticas entre las estimaciones realizadas por uno u otro método. Esto indica normalmente que uno de los dos métodos subestima o sobreestima sistemáticamente el consumo de energía. Si esto sucede, es una *buena práctica* consultar a las autoridades nacionales de estadística y pedirles asesoramiento con respecto a cuál de los dos métodos permite evaluar de manera más exhaustiva y exacta el consumo total de cada combustible, y aplicar ese método.

---

<sup>2</sup> Si se hiciera una vigilancia continua de las emisiones procedentes de ciertas fuentes industriales, sería difícil diferenciar las emisiones relacionadas con la quema de combustibles de las emisiones relacionadas con los procesos industriales (p.ej. los hornos de cemento).

**Figura 2.1** Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

### 2.1.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN Y LOS VALORES CALORÍFICOS

Los factores de emisión (FE) de CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles depende del contenido de carbono del combustible. El contenido de carbono de un combustible es una propiedad química intrínseca (es decir, la fracción o masa de átomos de carbono en relación con el número total de átomos o masa) y no depende del proceso o las condiciones de combustión. El contenido de energía (es decir, el valor calorífico o de calentamiento) de los combustibles también es una propiedad química intrínseca. Sin embargo, los valores caloríficos varían de un tipo de combustible a otro y dentro de cada tipo, ya que dependen de la composición de los enlaces químicos del combustible. Los valores caloríficos netos (VCN) miden la cantidad de calor liberado por la combustión total de una unidad de volumen o masa de un combustible, suponiendo que el agua resultante de la combustión se convierte en vapor, y el calor del vapor no se recupera. En cambio, los valores caloríficos brutos se estiman suponiendo que ese vapor de agua se condensa por completo y el calor se recupera. Los datos por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* se basan en los VCN.

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles se expresan en unidades de energía ya que el contenido de carbono de los combustibles es por lo general menos variable cuando se expresa en unidades de energía que cuando se expresa en unidades de masa. Por lo tanto, los VCN se utilizan para convertir los datos sobre consumo de combustible expresados en unidades de masa o de volumen en datos expresados en unidades de energía.

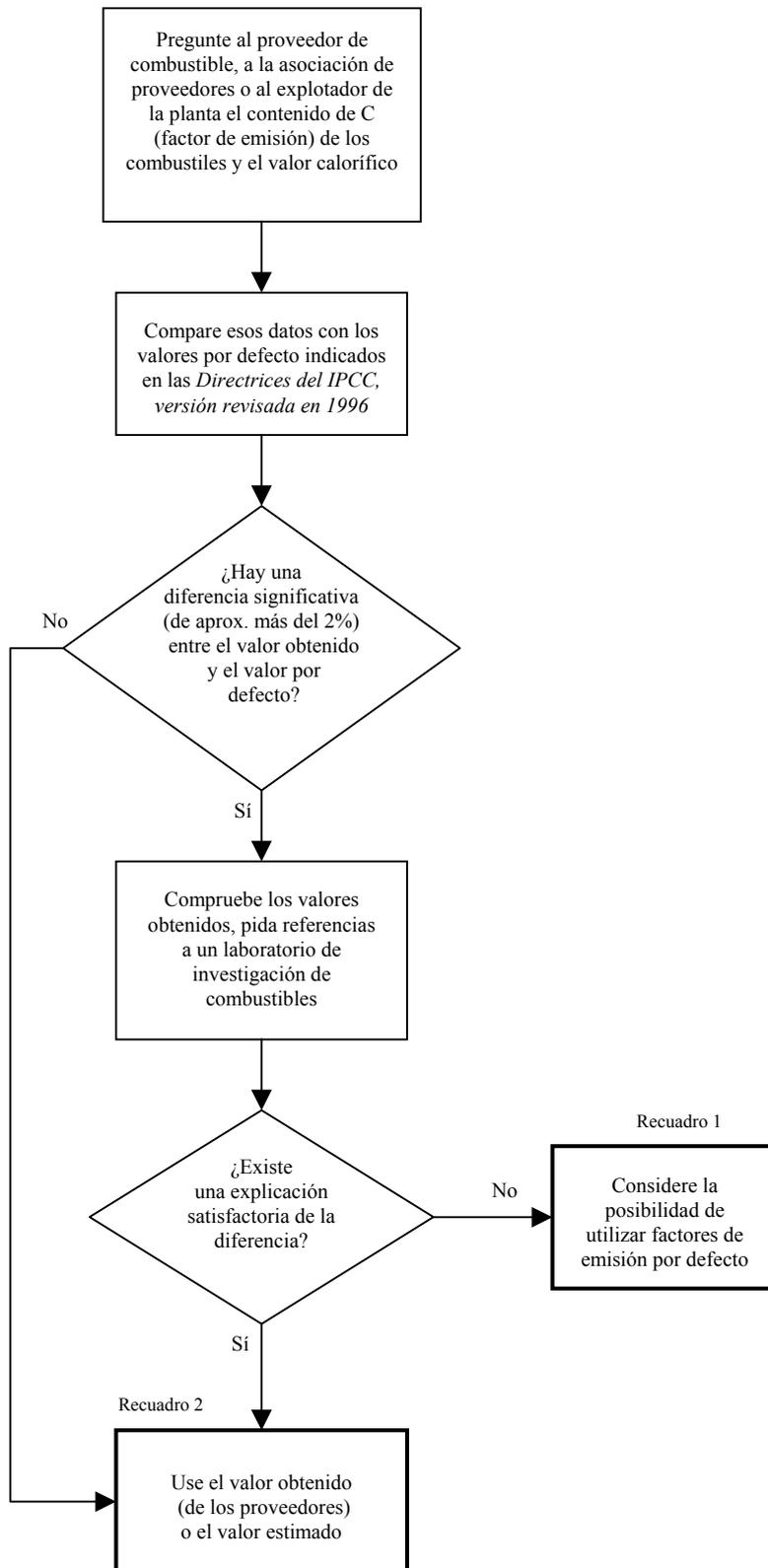
Los valores del contenido de carbono pueden interpretarse como emisiones potenciales, o como la cantidad máxima de carbono que podría liberarse en la atmósfera si todo el carbono existente en los combustibles se convirtiera en CO<sub>2</sub>. Sin embargo, como los procesos de combustión no son eficientes en un 100%, una parte del carbono contenido en los combustibles no se emite a la atmósfera, sino que queda como hollín, partículas y cenizas. Por consiguiente, se utiliza un factor de oxidación para contabilizar la fracción de las emisiones potenciales de carbono que queda después de la combustión.

En el caso de los combustibles comercializados que circulan comúnmente, es una *buena práctica* averiguar el contenido de carbono del combustible y los valores caloríficos netos pidiendo esa información a los proveedores de combustibles, y usar valores locales siempre que sea posible. Si estos datos no están disponibles, se pueden utilizar valores por defecto. En la figura 2.2., "Árbol de decisiones para seleccionar los valores caloríficos y los factores de emisión del carbono", se describe el proceso de selección de los factores de emisión.

Puede ser más difícil averiguar el contenido de carbono y el VCN de los combustibles que no se comercializan, como los residuos sólidos urbanos (RSU), así como de los combustibles que no se venden por su contenido calorífico, como el petróleo crudo. Si es necesario, existen valores por defecto a los que se puede recurrir. Para conocer los valores de los RSU se puede pedir información a los explotadores de las plantas de combustión de desechos generadoras de calor. Los valores por defecto sugeridos respecto del VCN de los RSU oscilan entre 9,5 y 10,5 GJ/t (según información proporcionada por Suecia y Dinamarca). El valor por defecto del contenido de carbono de los desechos se indica en el capítulo 6, "Desperdicios", de las *Directrices del IPCC*. Con respecto al petróleo crudo, se dispone de información que relaciona el contenido de carbono con la densidad y el contenido de azufre del petróleo crudo (véase el cuadro 2.2, "Gravedad API y contenido de azufre característicos de distintas variedades de petróleo crudo", y el cuadro 2.3, "Valores medios de gravedad API y contenido de azufre del petróleo crudo importado por algunos de los países enumerados en el Anexo II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático"). La información sobre los VCN de los distintos tipos de carbón en los países que no son miembros de la OCDE se indica en el cuadro 2.4, "Valores caloríficos netos de 1990 por países". Los valores caloríficos netos por defecto de la mayoría de los demás combustibles pueden encontrarse en el Manual de referencia de las *Directrices del IPCC* (cuadro 1-3, "Valores caloríficos netos de otros combustibles").

Por lo general, los factores de oxidación por defecto de los gases y aceites se conocen con exactitud. En el caso del carbón, los factores de oxidación dependen de las condiciones de combustión y pueden variar en unos cuantos puntos porcentuales. Es una *buena práctica* analizar los factores con los usuarios locales de carbón y productos del carbón. No obstante, en las *Directrices del IPCC* también se indican valores por defecto.

**Figura 2.2** **Árbol de decisiones para seleccionar los valores caloríficos y los factores de emisión del carbono**



### 2.1.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad de todos los niveles consisten en la cantidad y el tipo de combustible quemado. Estos datos a menudo pueden obtenerse de los organismos nacionales de estadísticas energéticas que a su vez los obtienen directamente de las empresas que consumen combustibles, o de las personas encargadas de los equipos de combustión. Esta información también puede obtenerse de los proveedores de combustibles que llevan un registro de las cantidades que entregan y de la identidad de sus clientes, generalmente como un código de actividad económica, o de una combinación de estas fuentes. Los datos sobre el consumo de combustibles pueden recogerse directamente, mediante encuestas periódicas de una muestra de empresas o, en el caso de las plantas de combustión muy grandes, sobre la base de los informes presentados por las empresas al organismo nacional de estadísticas energéticas o en cumplimiento de las normas sobre reducción de las emisiones. Las entregas de combustible están claramente identificadas en el caso del gas, cuando hay medidores instalados, y también en el caso de los combustibles sólidos y líquidos, ya que éstos se distribuyen en el mercado de los hogares y los pequeños consumidores comerciales.

Es una *buena práctica* utilizar las estadísticas sobre quema de combustibles, en lugar de las estadísticas sobre entregas, cuando se dispone de ellas<sup>3</sup>. Los organismos que reúnen datos sobre las emisiones de las empresas sometidas a normas de presentación de informes ambientales podrían pedir datos sobre la quema de combustibles en este contexto. Sin embargo, los datos sobre la quema de combustibles raramente están completos, ya que no es viable medir el consumo o las emisiones de combustible de cada fuente residencial o comercial. Por ende, los inventarios nacionales que aplican este criterio generalmente contienen una mezcla de datos sobre combustión de las fuentes más grandes, y datos sobre entregas respecto de las demás fuentes. Al combinar datos provenientes de muchas fuentes, el organismo encargado del inventario debe tener cuidado de evitar no sólo una doble contabilización sino también una omisión de las emisiones.

Cuando la confidencialidad representa un problema, una conversación directa con la empresa afectada a menudo permite conseguir la autorización de ésta para utilizar los datos. Cuando no se obtiene el permiso, la agregación de los datos sobre el consumo o las emisiones de combustible con los de otras empresas suele ser suficiente para ocultar la identidad de la empresa sin subestimar las emisiones.

Es necesario estimar la cantidad de carbono almacenado en los productos para poder aplicar el método de referencia, y cuando no se hace un cálculo detallado del sector de los procesos industriales. A fin de obtener los factores de carbono almacenado, es una *buena práctica* recurrir a la industria petroquímica que utiliza la materia prima. En las *Directrices del IPCC* figura una lista de los combustibles y productos que reúnen la mayor parte del carbono almacenado, así como los factores por defecto de carbono almacenado. Deberá utilizarse esta lista a menos que se disponga de información más detallada con respecto al país de que se trate. Cuando se dispone de datos sobre otros combustibles y productos, se recomienda estimar el carbono almacenado<sup>4</sup>. El factor por defecto del carbono almacenado en los lubricantes puede sobreestimarse debido a que los residuos de los lubricantes suelen quemarse para generar energía. Es una *buena práctica* consultar a los encargados de la recuperación de los aceites usados para determinar en qué medida se queman aceites usados en el país.

Cuando se aplica el método de referencia, deben utilizarse las estadísticas sobre el suministro de combustibles<sup>5</sup> y puede haber varias fuentes posibles de datos sobre importaciones y exportaciones. Pueden utilizarse las cifras oficiales de la aduana o del sector industrial. Los encargados de compilar los datos nacionales sobre la energía tendrán que hacer la elección sobre la base de su evaluación de la calidad de los datos, cuando preparen los balances nacionales de combustibles. La elección puede variar de un combustible a otro. En consecuencia, es una *buena práctica* consultar al organismo nacional de estadísticas energéticas a la hora de elegir entre las estadísticas sobre el suministro o la entrega de energía a fin de determinar si los criterios aplicados por el

---

<sup>3</sup> Las cantidades de combustibles sólidos y líquidos entregados a las empresas diferirán, en general, de las cantidades quemadas en los volúmenes sumados o restados a las existencias de las empresas. Las cifras sobre las existencias indicadas en los balances nacionales de combustibles pueden no incluir las existencias en poder de los consumidores finales, o pueden incluir solamente las existencias de una categoría de fuentes en particular (p.ej., los productores de electricidad). Las cifras sobre entregas pueden incluir también las cantidades utilizadas para las fuentes móviles o como materia prima.

<sup>4</sup> El Instituto Fraunhofer de Alemania realiza actualmente un examen del carbono que fluye a través de las industrias petroquímicas en varios países. Se espera que este trabajo permita obtener mejores estimaciones de la fracción de materia prima petroquímica almacenada en los productos manufacturados. El estudio quedará concluido a mediados de 2000.

<sup>5</sup> Se trata de la producción nacional de combustibles primarios, de las importaciones y exportaciones de todos los combustibles, y de las variaciones en las existencias de éstos. Los hidrocarburos utilizados para los *bunkers* internacionales se consideran exportaciones y no se incluyen en el suministro.

organismo para seleccionar la base de las estadísticas sobre las importaciones y exportaciones de cada combustible son apropiados para utilizarlos en los inventarios.

Cuando los datos de actividad no se refieren a las cantidades de combustible quemado sino a las entregas realizadas a empresas o a las subcategorías principales, se corre el riesgo de contabilizar por partida doble las emisiones procedentes de los sectores de los procesos industriales, los disolventes o los desechos. No siempre es fácil detectar una doble contabilización. Los combustibles entregados y utilizados en determinados procesos pueden dar lugar a productos derivados que se utilizan como combustible en otras partes de la planta o que se venden como combustible a terceros (p.ej., el gas de alto horno, que se obtiene del coque y de otros productos con carbono que se utilizan en los altos hornos). Es una *buena práctica* coordinar las estimaciones entre la categoría de fuentes fijas de CO<sub>2</sub> y las categorías industriales pertinentes para evitar la doble contabilización o las omisiones. En el apéndice 2.1A.1 figura una lista de las categorías y subcategorías en las que se presenta información sobre el carbono de los combustibles fósiles, y entre las cuales podría producirse, en principio, una doble contabilización de ese carbono.

En el caso de algunas categorías de fuentes (p.ej., la combustión en el sector de la agricultura), puede haber cierta dificultad para separar el combustible utilizado en los equipos fijos, del combustible utilizado en la maquinaria móvil. Habida cuenta de que los factores de emisión de los gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de estas dos fuentes son diferentes, es una *buena práctica* derivar el uso de energía de cada una de esas fuentes utilizando datos indirectos (como el número de bombas, el consumo medio, las necesidades de bombeo de agua). El dictamen de los expertos y la información disponible en otros países también pueden ser pertinentes.

#### 2.1.1.4 EXHAUSTIVIDAD

Una estimación completa de las emisiones procedentes de la quema de combustibles debe incluir las emisiones de todos los combustibles y de todas las categorías de fuentes indicados en las *Directrices del IPCC*. Es importante contar con una estimación confiable y exacta de abajo hacia arriba de las emisiones de CO<sub>2</sub> porque ello aumenta la confianza en los datos de actividad subyacentes. Estos constituyen a su vez una base importante para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de fuentes fijas.

Es necesario contabilizar todos los combustibles entregados por los productores de combustible para evitar que surjan errores de muestreo. Una clasificación errónea de las empresas y el uso de distribuidores para abastecer a los pequeños clientes comerciales y a los hogares aumenta la probabilidad de que se cometan errores sistemáticos en la asignación de las estadísticas sobre la entrega de combustibles. Cuando existen datos sobre la muestra analizada que arrojan cifras sobre el consumo de combustibles en determinados sectores económicos, las cifras se pueden comparar con los datos correspondientes sobre las entregas. Debe identificarse cualquier diferencia sistemática que pueda existir, para después hacer los ajustes correspondientes en la asignación de los datos sobre la entrega de combustibles.

También puede suceder que sistemáticamente se consignen en los informes cifras inferiores a las reales en lo que respecta a los combustibles sólidos y líquidos, si los consumidores finales importan los combustibles directamente. Las importaciones directas se incluyen en los datos aduaneros y por ende en las estadísticas sobre el suministro de combustibles, pero no en las estadísticas sobre entregas de combustibles proporcionadas por los proveedores nacionales. Si los combustibles importados directamente por los consumidores alcanzan un volumen considerable, la diferencia estadística entre el suministro y las entregas permitirá conocer su magnitud. También en este caso, una comparación con los resultados del estudio sobre el consumo revelará cuáles son las principales categorías de fuentes que están relacionadas con las importaciones directas.

La experiencia ha demostrado que las actividades siguientes pueden estar reflejadas de manera insuficiente en los inventarios actuales, por lo que deberá comprobarse expresamente si se han tenido en cuenta:

- los cambios en las existencias de combustibles fósiles de los productores;
- la combustión de desechos para generar energía. La información sobre la incineración de desechos deberá incluirse en la categoría de fuente Desechos, mientras que la combustión de desechos para generar energía deberá incluirse en la categoría de fuentes Energía;
- la quema del combustible propio de las industrias de energía;
- la conversión de materias primas petroquímicas en productos petroquímicos (almacenamiento de carbono);
- la quema de combustible en la aviación internacional y el transporte marítimo (necesaria para el método de referencia). En las secciones 2.4.1.3 y 2.5.1.3 de este capítulo se da más orientación sobre este tema.

Es necesario prestar atención a la comunicación de datos sobre las emisiones procedentes del uso de coque en los altos hornos. El hierro fundido (o arrabio) se produce normalmente mediante la reducción de minerales de

óxido de hierro en un alto horno, usando el carbono presente en el coque (y a veces otros agentes reductores) como combustible y al mismo tiempo como agente reductor. Dado que el objetivo principal de la oxidación del coque es producir arrabio, podría considerarse que las emisiones proceden de un proceso industrial si se hace un cálculo detallado de las emisiones industriales. Es importante no contabilizar por partida doble el carbono procedente del consumo de coque o de otros combustibles. Por lo tanto, si esas emisiones se han incluido en el sector de los procesos industriales, no deberán incluirse en el sector de la energía. Sin embargo, hay países en los que las emisiones industriales no se analizan en detalle. En esos casos, las emisiones deberán incluirse en el sector de la energía. En todo caso, la cantidad de carbono que queda almacenada en el producto final deberá deducirse de las emisiones efectivas.

### 2.1.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Es una *buena práctica* preparar los inventarios utilizando el método seleccionado en la figura 2.1, "Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión", para todos los años de la serie temporal. Cuando esto resulte difícil porque se han producido cambios en los métodos o en los datos con el transcurso del tiempo, la estimación de los datos que falten en la serie temporal deberá hacerse mediante la extrapolación regresiva de los datos actuales. Cuando se pase de un método de referencia a un método de un nivel más alto, los organismos encargados de los inventarios deberán establecer una relación clara entre los métodos y aplicar dicha relación a los años anteriores si faltan datos. En la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos", se ofrece orientación sobre los diversos métodos que pueden utilizarse en este caso.

### 2.1.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

#### DATOS DE ACTIVIDAD

La información que figura en esta sección puede utilizarse junto con los métodos que se describen a grandes rasgos en el capítulo 6, "La cuantificación de las incertidumbres en la práctica", a fin de evaluar el conjunto de las incertidumbres en el inventario nacional. En el capítulo 6 se explica cómo se deben utilizar los datos empíricos y el dictamen de los expertos para determinar la incertidumbre correspondiente a cada país en particular.

La exactitud de las estimaciones de las emisiones realizadas por el método sectorial depende casi totalmente de la disponibilidad de estadísticas sobre las entregas o la combustión correspondientes a las principales categorías de fuentes. La incertidumbre más importante tiene que ver con:

- la suficiencia de la cobertura estadística de todas las categorías de fuentes;
- la suficiencia de la cobertura de todos los combustibles (tanto los que se comercializan como los que no).

Las estadísticas sobre el combustible quemado en las fuentes de gran envergadura que se obtienen con mediciones directas o de los informes que deben presentarse en forma obligatoria se encuentran casi siempre a una distancia no mayor del 3% de la estimación central<sup>6</sup>. En el caso de las industrias que hacen un uso intensivo de energía, los datos sobre combustión suelen ser más exactos. A fin de estimar las incertidumbres relativas al consumo de combustible en las subcategorías principales, es una *buena práctica* consultar a los diseñadores de la encuesta por muestreo porque las incertidumbres dependen de la calidad del diseño de la encuesta y del tamaño de la muestra utilizada.

Además de los sesgos sistemáticos que puede haber en los datos de actividad como resultado de una cobertura incompleta del consumo de combustibles, los datos de actividad están sujetos a errores aleatorios en la reunión de datos que varían de un año a otro. Cabe esperar que los países que tienen buenos sistemas de reunión de datos, con medidas de control de la calidad de los datos, puedan mantener el margen de error aleatorio en cuanto al total de energía registrado en el entorno de 2% a 3% de la cifra anual. Este rango refleja los límites de confianza implícitos en la demanda total de energía que se observa en modelos que utilizan datos históricos sobre energía y que relacionan la demanda de energía con factores económicos. En el caso de las actividades de uso individual de energía, los errores porcentuales pueden ser mucho mayores.

La incertidumbre global en los datos de actividad es una combinación de errores sistemáticos y aleatorios. La mayoría de los países desarrollados preparan balances del suministro y las entregas de combustible, lo que

<sup>6</sup> Los porcentajes mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

permite detectar los errores sistemáticos. En esas circunstancias, los errores sistemáticos generales suelen ser pequeños. Los expertos creen que la incertidumbre resultante de dos errores está probablemente dentro del rango de  $\pm 5\%$ . En los países que tienen sistemas de datos energéticos no tan avanzados, el rango puede ser considerablemente mayor, probablemente de alrededor de  $\pm 10\%$ . En algunos países, las actividades informales pueden aumentar la incertidumbre hasta el 50% en algunos sectores. En el cuadro 2.6, "Grado de incertidumbre asociada a los datos de actividad de las fuentes fijas de combustión", figuran estimaciones más detalladas de la incertidumbre.

## FACTORES DE EMISIÓN

La incertidumbre asociada a los factores de emisión (FE) y a los VCN es el resultado de dos elementos principales, a saber: la exactitud con que se miden los valores, y la variabilidad en la fuente de suministro del combustible y en la calidad del muestreo de los suministros disponibles. Hay pocos mecanismos de error sistemático en la medición de estas propiedades. Por lo tanto, puede considerarse que los errores son principalmente aleatorios. En el caso de los combustibles comercializados, es probable que la incertidumbre sea inferior al 5%. En el caso de los combustibles que no se comercializan, la incertidumbre es mayor y, en la mayoría de los casos, se debe a la variabilidad en la composición de los combustibles.

No se dispone de rangos de incertidumbre por defecto en relación con los factores de carbono almacenado o los factores de oxidación del carbón. Sin embargo, no hay duda de que es fundamental consultar a los consumidores que usan los combustibles como materia prima o por sus características no combustibles para poder hacer estimaciones exactas del carbono almacenado. De manera similar, los grandes usuarios de carbón pueden proporcionar información acerca de si la combustión que logran con la clase de equipos que utilizan es completa.

### 2.1.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

A continuación se dan algunos ejemplos de la documentación y los informes específicamente relacionados con esta categoría de fuentes:

- las fuentes de los datos sobre energía utilizados y las observaciones en cuanto a la exhaustividad del conjunto de datos;
- las fuentes de los valores caloríficos y la fecha en que éstos se actualizaron por última vez;
- las fuentes de los factores de emisión y de oxidación, la fecha de la última actualización y de cualquier verificación que se haya hecho de su exactitud. Si se ha corregido el valor del carbono almacenado, la documentación deberá incluir las fuentes del factor y la forma en que se obtuvieron las cifras correspondientes a las entregas de combustible.

### 2.1.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

#### Comparación de las estimaciones de las emisiones por métodos diferentes

El organismo encargado del inventario deberá comparar las estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles que se hayan preparado utilizando el método sectorial de nivel 1 y nivel 2 con las obtenidas por el método de referencia, y dar cuenta de cualquier diferencia significativa que observe. En ese análisis comparativo, las emisiones de combustibles que no procedan de la quema de éstos, que se contabilicen en otras secciones de un inventario de gases de efecto invernadero, deberán substraerse del método de referencia (véase el apéndice 2.1A.1).

#### Examen de los datos de actividad

- El organismo encargado del inventario deberá confeccionar los balances nacionales de energía expresados en unidades de masa, y los balances de masa de las industrias de conversión de combustibles. Se deberá comprobar si la serie temporal de las diferencias estadísticas tiene efectos sistemáticos (reflejados en el hecho de que las diferencias tengan siempre el mismo signo) y eliminar esos efectos siempre que sea posible. Esta tarea deberá llevarla a cabo el organismo nacional encargado de las estadísticas energéticas u otra entidad en cooperación con éste.
- El organismo encargado del inventario también deberá confeccionar los balances nacionales de energía expresados en unidades de energía y los balances de energía de las industrias de conversión de combustibles. Se deberá examinar la serie temporal de las diferencias estadísticas, y cotejar los valores caloríficos con los valores de la AIE (véase la figura 2.2, "Árbol de decisiones para seleccionar los valores caloríficos y los factores de emisión del carbono"). Este paso sólo será de utilidad cuando se apliquen distintos valores caloríficos de un determinado combustible (p.ej., el carbón) a distintos rubros del balance (como producción, importaciones, hornos de coque y hogares). Las diferencias estadísticas que cambian considerablemente de magnitud o de signo con respecto a los valores de masa correspondientes son prueba de que los valores caloríficos son incorrectos.
- El organismo a cargo del inventario deberá confirmar que el suministro bruto de carbono en el método de referencia se haya ajustado en función del carbono procedente de combustibles fósiles contenido en materiales no combustibles importados o exportados en los países donde se prevé que éstos serán considerables.
- Las estadísticas energéticas deberán compararse con las que se proporcionan a las organizaciones internacionales para detectar cualquier incongruencia.
- Es posible que en las grandes plantas de combustión se compilen estadísticas de emisiones y quema de combustibles como procedimiento de rutina, a los efectos de elaborar legislación en materia de contaminación. Si es posible, los organismos encargados de preparar los inventarios deberán utilizar esos datos obtenidos a nivel de las plantas para compararlos con las estadísticas energéticas nacionales y comprobar que sean representativos.

#### Examen de los factores de emisión

- El organismo a cargo del inventario deberá confeccionar los balances nacionales de energía expresados en unidades de carbono, y los balances de carbono de las industrias de conversión de combustibles. Se deberá examinar la serie temporal de las diferencias estadísticas. Las diferencias estadísticas que cambien

considerablemente de magnitud o de signo con respecto a los valores de masa correspondientes son prueba de que el contenido de carbono es incorrecto.

- Se pueden utilizar los sistemas de vigilancia de las grandes plantas de combustión para comprobar los factores de emisión y oxidación que se utilizan en una planta.

#### **Evaluación de las mediciones directas**

- El organismo a cargo del inventario deberá evaluar los procedimientos de control de calidad asociados a las mediciones de combustible a nivel de las instalaciones industriales que se hayan utilizado para calcular los factores de emisión y oxidación en un sitio determinado. Si se determina que el control de calidad de las mediciones y el análisis utilizados para derivar el factor es insuficiente, se podrá cuestionar la conveniencia de seguir utilizando ese factor.

## Apéndice 2.1A.1 Comunicación de datos sobre las emisiones de moléculas con átomos de carbono de origen fósil, de acuerdo con las categorías de fuentes previstas en las *Directrices del IPCC*

El cuadro siguiente muestra en qué casos se contabiliza el carbono fósil y cuándo se puede utilizar para ayudar a identificar y eliminar la doble contabilización, como se indica en la sección 2.1.1.3. También puede contribuir a explicar cualquier diferencia que exista entre los cálculos realizados por el método de referencia y los realizados por el método sectorial.

<b>CUADRO 2.1</b>	
<b>COMUNICACIÓN DE DATOS SOBRE LAS EMISIONES DE MOLÉCULAS CON ÁTOMOS DE CARBONO DE ORIGEN FÓSIL, DE ACUERDO CON LAS CATEGORÍAS DE FUENTES PREVISTAS EN LAS <i>DIRECTRICES DEL IPCC</i><sup>7</sup></b>	
<b>Procedentes del carbono existente en los combustibles fósiles</b>	<b>Procedentes de otras fuentes de carbono fósil</b>
<b>1A Quema de combustibles</b>	
Todo el carbono fósil utilizado con fines de combustión	
<b>1B Emisiones fugitivas</b>	
Escapes y descargas de flujos de carbono fósil desde el punto de extracción hasta la oxidación final	
<b>2 Procesos industriales</b>	<b>2 Procesos industriales</b>
Amoniaco	Cemento
Carburo de silicio	Producción de cal
Carburo de calcio	Uso de piedra caliza
Producción de ceniza de sosa, proceso Solvay (emisiones procedentes de la calcinación)	Producción de ceniza de sosa (proceso natural)
Hierro/acero y ferroaleaciones	Uso de ceniza de sosa
Aluminio	
Otros metales (véase el cuadro 2-21, "Procesos de producción de algunos metales", del Manual de Referencia de las <i>Directrices del IPCC</i> )	
Producción y uso de halocarbonos	
Fabricación de productos químicos orgánicos	
Fabricación y uso de asfalto	
Ácido adípico	
<b>3 Disolventes</b>	
<b>6 Desechos</b>	
Desechos de vida corta, incluidos los aceites usados, los disolventes usados y los plásticos	
Desechos de larga vida, incluidos los plásticos sometidos a procesos de calentamiento e incineración y a la degradación en vertederos ( <i>productos fabricados antes del año del inventario</i> )	

<sup>7</sup> Los números que aparecen delante de las categorías de fuentes corresponden al sistema de numeración de las *Directrices del IPCC, versión revisada en 1996*, Instrucciones para realizar el informe, Marco común del informe.

## Apéndice 2.1A.2 Método de estimación del contenido de carbono sobre la base de la gravedad API<sup>8</sup> y el contenido de azufre

La fórmula siguiente se basa en los análisis de 182 muestras de petróleo crudo y puede utilizarse para estimar el contenido de carbono del petróleo crudo. (Fuente: USDOE/EIA. URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/gg98rpt/appendixb.html>)

### ECUACIÓN 2.1

$$\text{Contenido de carbono} = 76,99 + (10,19 \cdot \text{SG}) - (0,76 \cdot \text{Contenido de azufre})$$

Donde:

SG es la gravedad específica del petróleo

El contenido de carbono y azufre se mide en porcentaje por unidad de peso

La gravedad específica se puede calcular a partir de la cifra de gravedad API utilizando la siguiente ecuación:

### ECUACIÓN 2.2

$$\text{SG} = 141,5 / (\text{API} + 131,5)$$

El contenido de carbono inferido se calcula sobre la base de las gravedades específicas y los valores API indicados en las dos primeras columnas del cuadro siguiente, utilizando la fórmula que antecede. Obsérvese que los valores inferidos pueden diferir de los valores medidos.

<sup>8</sup> API: Escala arbitraria que expresa la gravedad específica de un aceite, o la razón entre los pesos de volúmenes iguales de aceite y agua pura; es la escala estándar de gravedad específica de la industria del petróleo. Como el volumen depende de la temperatura y la presión, éstas deben indicarse expresamente. En los Estados Unidos son en general de 60° F (16° C) y una atmósfera (101,3 kPa) de presión. La escala de gravedad API, cuyas unidades son los grados API, no varían en forma lineal con la gravedad específica o sus propiedades conexas (p.ej. la viscosidad); los valores de gravedad específica altos dan valores de gravedad API bajos utilizando esa relación.

$$\text{grados API} = (141,5 / \text{gravedad específica a } 60^\circ \text{ F}) - 131,5$$

El agua que tiene una gravedad específica de 1 tiene una gravedad API de 10 grados. La escala API tiene la ventaja de permitir que los hidrómetros, que miden la gravedad específica, se calibren linealmente. Se descubrió que la escala Baumé, creada originalmente por Antoine Baumé con este fin, tenía errores y fue sustituida por la escala API en 1921. La escala Baumé, que aún se utiliza en algunas partes de Europa, está dada por la siguiente relación:

$$\text{grados Baumé} = (140 / \text{gravedad específica a } 60^\circ \text{ F}) - 130.$$

Fuente: adaptado de la Enciclopedia Británica.

CUADRO 2.2							
GRAVEDAD API Y CONTENIDO DE AZUFRE CARACTERÍSTICOS DE DISTINTAS VARIEDADES DE PETRÓLEO CRUDO							
	Categoría de crudo	Gravedad API característica		Contenido característico de azufre (% peso)		Contenido de carbono inferido (% peso)	
		valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior
<b>Medio Oriente</b>							
Abu Dhabi	Murban	39,8		0,8		84,8	
	Umm Shaif	37,5		1,4		84,5	
	Upper Zakum	34		1,8		84,3	
	Lower Zakum	40		1,1		84,6	
	Otros de Abu Dhabi	46,7		0,8		84,5	
Dubai	Dubai	31	32	1,9		84,4	84,4
Sharjah		62,5		0,1		84,3	
Irán	Crudo ligero iraní	34		1,4		84,6	
	Crudo pesado iraní	31		1,6		84,6	
	Otros crudos iraníes	32,6		2,1		84,2	
Iraq	Crudo ligero de Basora	34		2,1		84,1	
	Kirkuk	36		2		84,1	
	Otros crudos del Iraq	36,1		2		84,1	
Kuwait	Kuwait Blend	30	31	2,5		84,0	84,0
Zona neutral	Marítimo (Khafji/Hout)	28	33	1,9	2,9	83,6	84,6
	Terrestre	23	25	3,3	3,9	83,2	83,8
Omán	Omán	34		0,8		85,1	
Qatar	Marítimo de Qatar	36		1,5		84,5	
	Terrestre de Qatar	41		1,2		84,4	
Arabia Saudita	Crudo ligero árabe	33	34	1,7		84,4	84,5
	Crudo mediano árabe	30	31,5	2,3		84,1	84,2
	Crudo pesado árabe	27	28	2,8		83,9	84,0
	Berri (superligero)	37	38	1,1	1,2	84,6	84,7
	Otros crudos de Arabia Saudita	52,3		0,7		84,3	
Siria	Crudo ligero de Siria	36		0,6		85,1	
	Souedie	24		3,9		83,3	
Yemen	Crudo ligero de Marib	40		0,1		85,3	
	Masila Blend	30	31	0,6		85,4	85,5
	Otros crudos del Yemen	41		0,4		85,0	
Otros crudos del Medio Oriente		31,7		2,1		84,2	

CUADRO 2.2 (CONTINUACIÓN)							
GRAVEDAD API Y CONTENIDO DE AZUFRE CARACTERÍSTICOS DE DISTINTAS VARIETADES DE PETRÓLEO CRUDO							
	Categoría de crudo	Gravedad API característica		Contenido característico de azufre (% peso)		Contenido de carbono inferido (% peso)	
		valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior
<b>África</b>							
Argelia	Saharan Blend	44		0,1		85,1	
	Otros crudos de Argelia	45,1		0,1		85,1	
Camerún		32		0,15		85,7	
Congo		37,4		0,1		85,5	
Egipto	Mediano/Ligero (30°-40°)	31,1		1,9		84,4	
	Pesado (<30° API)	27,9		2,1		84,4	
Gabón	Rabi/Rabi Kounga	34		0,1		85,6	
	Otros crudos del Gabón	32,1		0,6		85,3	
Libia	Ligero (>40° API)	41,7		0,2		85,2	
	Mediano (30°-40° API)	37,2		0,3		85,3	
	Pesado (<30° API)	26,2		1,7		84,8	
Nigeria	Mediano (<33° API)	29,6		0,2		85,8	
	Ligero (33°-45° API)	36,3		0,2		85,4	
	Condensado (>45° API)	46,1		0,1		85,0	
Túnez		36,1		0,6		85,1	
Zaire		31		0,2		85,7	
Otros crudos de África		29,7		0,2		85,8	
<b>Asia</b>							
Brunei	Crudo ligero de Seria	36		0,1		85,5	
	Champion	25		0,1		86,1	
China	Daqing (Taching)	33		0,1		85,7	
	Shengli	24		1		85,5	
Otros crudos de China		32		0,2		85,7	
Indonesia	Minas	34		0,1		85,6	
	Cinta	33		0,1		85,7	
	Handil	33		0,1		85,7	
	Duri	20		0,2		86,4	
	Condensado de Arun	54		0,02		84,7	
	Otros crudos de Indonesia	38		0,1		85,4	
Malasia	Tapis	44		0,1		85,1	
	Labuan	33		0,1		85,7	
	Otros crudos de Malasia	38,9		0,1		85,4	

CUADRO 2.2 (CONTINUACIÓN)							
GRAVEDAD API Y CONTENIDO DE AZUFRE CARACTERÍSTICOS DE DISTINTAS VARIEDADES DE PETRÓLEO CRUDO							
	Categoría de crudo	Gravedad API característica		Contenido característico de azufre (% peso)		Contenido de carbono inferido (% peso)	
		valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior
Otros crudos de Asia		52,6		0,04		84,8	
Australia	Gippsland	45		0,1		85,1	
	Otros crudos de Australia	41,1		0,1		85,3	
Papua Nueva Guinea		44,3		0,04		85,2	
Federación de Rusia	Urales	31	32,5	1,2	1,4	84,7	85,0
	Otros de Rusia	33,3		1,2		84,8	
Azerbaiyán		47,7		0,01		85,0	
Kazajstán		46,5		0,5		84,7	
Ucrania		40,1		0,9		84,7	
Otros crudos de las ex Repúblicas Soviéticas		44,6		0,2		85,0	
<b>Europa</b>							
Dinamarca		33	34,5	0,3		85,4	85,5
Noruega	Statfjord	37,5	38	0,28		85,3	85,3
	Gullfaks	29,3	29,8	0,44		85,6	85,6
	Oseberg	34		0,3		85,5	
	Ekofisk	43,4		0,14		85,1	
	Otros crudos de Noruega	32,3		0,3		85,6	
Reino Unido	Brent Blend	37	38	0,4		85,2	85,2
	Forties	39	40	0,34		85,1	85,2
	Flotta	34,7		1		84,9	
	Otros crudos del Reino Unido	31,8		0,5		85,4	
Otros crudos de Europa		35,9		1,3		84,6	
<b>América del Norte</b>							
Canadá	Dulce ligero (>30° API)	36,6		0,2		85,4	
	Pesado (<30° API)	23,4		no se dispone de datos			
Estados Unidos	Alaska	30,2		1,1		85,1	
	Otros crudos de Estados Unidos	39,5		0,2		85,3	

CUADRO 2.2 (CONTINUACIÓN)							
GRAVEDAD API Y CONTENIDO DE AZUFRE CARACTERÍSTICOS DE DISTINTAS VARIEDADES DE PETRÓLEO CRUDO							
	Categoría de crudo	Gravedad API característica		Contenido característico de azufre (% peso)		Contenido de carbono inferido (% peso)	
		valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior	valor medio o inferior	valor superior
<b>América Latina</b>							
Brasil		20,7		0,5		86,1	
Colombia	Caño Limón	30		0,5		85,5	
	Otros crudos de Colombia	35,8		no se dispone de datos			
Ecuador	Oriente	28	29	0,9	1,0	85,2	85,3
	Otros crudos del Ecuador	no se dispone de datos		no se dispone de datos			
México	Maya	22,2		3,3		83,9	
	Istmo	34,8		1,5		84,5	
	Olmeca	39,8		0,8		84,8	
Perú		20,2		1,3		85,5	
Venezuela	Ligero (>30° API)	32,6		1,1		84,9	
	Mediano (22-30° API)	27,7		1,6		84,8	
	Pesado (17-22° API)	19,5		2,5		84,6	
	Extra pesado (<17° API)	14,5		2,8		84,7	

Fuente de los datos sobre gravedad API y contenido de azufre: Agencia Internacional de Energía.

<b>CUADRO 2.3</b>			
<b>VALORES MEDIOS DE GRAVEDAD API Y CONTENIDO DE AZUFRE DEL PETRÓLEO CRUDO IMPORTADO POR ALGUNOS DE LOS PAÍSES ENUMERADOS EN EL ANEXO II DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>			
	<b>Gravedad API media</b>	<b>Contenido medio de azufre (% peso)</b>	<b>Contenido de carbono inferido (% peso)</b>
Alemania	36,5	0,76	85,0
Australia	39,9	0,34	85,1
Austria	37,4	0,84	84,9
Bélgica	32,8	1,25	84,8
Canadá	32,4	0,90	85,1
Dinamarca	40,9	0,22	85,2
España	31,5	1,36	84,8
Estados Unidos	30,3	no se dispone de datos	
Finlandia	35,8	0,54	85,2
Francia	35,8	1,01	84,8
Grecia	33,9	1,65	84,5
Irlanda	36,9	0,25	85,4
Italia	34,1	1,15	84,8
Japón	34,8	1,51	84,5
Noruega	33,3	0,39	85,4
Nueva Zelandia	34,4	1,01	84,9
Países Bajos	33,3	1,45	84,6
Portugal	33,2	1,39	84,7
Reino Unido	35,9	0,64	85,1
Suecia	34,5	0,76	85,1
Suiza	39,4	0,46	85,1
Turquía	34,2	1,48	84,6
<p>Los valores medios de gravedad API y contenido de azufre se han calculado sobre la base de las importaciones realizadas en 1998 por los países enumerados <i>supra</i>. Los valores varían con el transcurso del tiempo debido a los cambios en las variedades de crudo que se importan. También es necesario tener en cuenta cualquier petróleo crudo de origen nacional que se consuma en el país.</p> <p>Fuente de los datos sobre gravedad API y contenido de azufre: Agencia Internacional de Energía.</p>			

## APÉNDICE 2.1A.3 Valores caloríficos netos de 1990<sup>a</sup> por países

El cuadro siguiente es una versión actualizada del cuadro publicado en las *Directrices del IPCC, versión revisada en 1996*. Contiene información más desglosada sobre el carbón. Algunos valores han sido corregidos por la Agencia Internacional de Energía.

<b>CUADRO 2.4</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Albania	Argelia	Angola Cabinda	Argentina	Armenia	Australia	Austria	Azer- baiyán	Bahrein	Bangla- desh	Belarús
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	41,45	43,29	42,75	42,29	-	43,21	42,75	42,08	42,71	42,16	42,08
Líquidos de gas natural	-	43,29	-	42,50	-	45,22	45,22	41,91	42,71	42,71	-
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	42,50	42,50	-	-	-	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	25,75	-	-	-	28,34	-	-	-	-	-
Importaciones	27,21	25,75	-	30,14	-	-	28,00	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	28,21	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	-	-	-	24,70	-	24,39	-	-	-	-	-
Importaciones	27,21	-	-	-	18,58	-	28,00	18,58	-	20,93	25,54
Exportaciones	-	-	-	24,70	-	25,65	-	-	-	-	25,54
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	17,87	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	9,84	-	-	-	-	9,31	10,90	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	10,90	-	-	-	-
Exportaciones	9,84	-	-	-	-	-	10,90	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetas	-	-	-	-	-	21,00	19,30	-	-	-	8,37
Coque de horno de coque	27,21	27,21	-	28,46	-	25,65	28,20	-	-	-	25,12
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para la ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE / AIE, París, 1998.											

CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)											
VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990 <sup>a</sup> POR PAÍSES <sup>b</sup>											
(Terajulios por mil toneladas)	Bélgica	Benin	Bolivia	Bosnia-Herzegovina	Brasil	Brunei	Bulgaria	Camerún	Canadá	Chile	China
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,75	42,58	43,33	-	45,64	42,75	42,62	42,45	42,79	42,91	42,62
Líquidos de gas natural	-	-	43,33	-	45,22	42,75	-	-	45,22	42,87	-
Materias primas de refinería	42,50	-	-	-	-	41,87	-	-	-	-	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	-	-	-	26,42	-	-	-	28,78	-	20,52
Importaciones	29,31	-	-	-	30,69	-	24,70	-	27,55	28,43	20,52
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	28,78	-	20,52
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	25,00	-	-	-	15,99	-	24,70	-	28,78	28,43	20,52
Importaciones	25,00	-	-	-	-	-	24,70	-	27,55	28,43	20,52
Exportaciones	25,00	-	-	-	-	-	-	-	28,78	-	20,52
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	18,10	-	-	-	-	-	-	-	17,38	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	18,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	-	8,89	-	-	7,03	-	14,25	17,17	-
Importaciones	21,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	14,25	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	29,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetas	20,10	-	-	-	-	-	20,10	-	-	-	-
Coque de horno de coque	29,31	-	-	-	30,56	-	27,21	-	27,39	28,43	28,47
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para la ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE . OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>										
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>										
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Colombia	Congo	Costa Rica	Croacia	Cuba	Chipre	República Checa	República Democrática del Congo	Dinamarca	República Dominicana
<b>PETRÓLEO</b>										
Petróleo crudo	42,24	42,91	42,16	42,75	41,16	42,48	41,78	42,16	42,71	42,16
Líquidos de gas natural	41,87	-	-	45,22	-	-	-	-	-	-
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	-	-	-	42,50	-
<b>CARBÓN</b>										
<b>Carbón de coque</b>										
Producción	27,21	-	-	-	-	-	24,40	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	27,21	-	-	-	-	-	27,46	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>										
Producción	27,21	-	-	25,12	-	-	18,19	25,23	-	-
Importaciones	-	-	25,75	29,31	25,75	25,75	18,19	25,23	26,09	25,75
Exportaciones	27,21	-	-	-	-	-	18,19	-	26,09	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>										
Producción	-	-	-	-	-	-	12,29	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	21,28	-	-	-
<b>Lignito</b>										
Producción	-	-	-	-	-	-	12,29	-	-	-
Importaciones	-	-	-	14,60	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>										
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	29,31	-	-
Briquetas de lignito	-	-	-	-	-	-	21,28	-	18,27	-
Coque de horno de coque	20,10	-	27,21	29,31	27,21	-	27,01	27,21	31,84	-
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.										
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.										
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.										
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.										

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	R.P.D. de Corea	Ecuador	Egipto	El Salvador	Estonia	Etiopía	República Federal de Yugoslavia	Finlandia	ex R.Y. de Macedonia	ex Yugoslavia	Francia
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,16	41,87	42,54	42,16	-	42,62	42,75	44,03	42,75	42,75	42,75
Líquidos de gas natural	-	42,45	42,54	-	-	-	-	-	-	-	45,22
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	-	-	42,50	-	-	42,50
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	25,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,91
Importaciones	25,75	-	25,75	-	-	-	-	26,38	30,69	30,69	30,50
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	30,13	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	25,75	-	-	-	-	-	23,55	-	-	23,55	26,71
Importaciones	-	-	25,75	-	18,58	-	30,69	26,38	30,69	-	25,52
Exportaciones	25,75	-	-	-	18,58	-	-	-	-	-	26,43
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	17,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	-	-	9,44	-	8,89	-	8,89	8,89	17,94
Importaciones	-	-	-	-	9,44	-	-	-	16,91	16,91	17,94
Exportaciones	-	-	-	-	9,44	-	-	-	16,90	16,90	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,07
Briquetas	-	-	-	-	8,37	-	-	-	-	20,10	20,10
Coque de horno de coque	27,21	-	27,21	-	25,12	-	-	28,89	-	26,90	28,71
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Gabón	Georgia	Alemania	Ghana	Grecia	Guatemala	Haití	Honduras	Hong Kong, China	Hungría	Islandia
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,62	42,08	42,75	42,62	42,75	42,45	-	42,16	-	41,00	-
Líquidos de gas natural	-	-	-	-	45,22	-	-	-	-	45,18	-
Materias primas de refinería	-	-	42,50	-	42,50	-	-	-	-	42,08	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	-	28,96	-	-	-	-	-	-	29,61	-
Importaciones	-	-	28,96	-	-	-	-	-	-	30,76	29,01
Exportaciones	-	-	28,96	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	-	18,58	24,96	-	-	-	-	-	-	13,15	-
Importaciones	-	18,58	26,52	25,75	27,21	-	25,75	-	25,75	21,50	29,01
Exportaciones	-	18,58	31,71	-	-	-	-	-	-	20,15	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	8,41	-	5,74	-	-	-	-	9,17	-
Importaciones	-	-	14,88	-	-	-	-	-	-	15,46	-
Exportaciones	-	-	8,40	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	31,40	-	-	-	-	-	-	16,80	-
Briquetas	-	-	20,58	-	15,28	-	-	-	-	21,23	-
Coque de horno de coque	-	-	28,65	-	29,30	-	-	27,21	27,21	27,13	26,65
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)											
VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990 <sup>a</sup> POR PAÍSES <sup>b</sup>											
(Terajulios por mil toneladas)	India	Indonesia	Irán	Iraq	Irlanda	Israel	Italia	Côte d'Ivoire	Jamaica	Japón	Jordania
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,79	42,66	42,66	42,83	42,83	42,54	42,75	42,62	42,16	42,62	42,58
Líquidos de gas natural	43,00	42,77	42,54	42,83	-	-	45,22	-	-	46,05	-
Materias primas de refinería	-	-	-	-	42,50	-	42,50	-	-	42,50	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	19,98	-	25,75	-	-	-	-	-	-	30,63	-
Importaciones	25,75	-	25,75	-	29,10	-	30,97	-	-	30,23	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	19,98	25,75	25,75	-	26,13	-	26,16	-	-	23,07	-
Importaciones	25,75	25,75	-	-	29,98	26,63	26,16	-	25,75	24,66	-
Exportaciones	19,98	25,75	-	-	26,13	-	-	-	-	-	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	9,80	-	-	-	-	4,19	10,47	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	19,82	-	10,47	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	19,82	-	-	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,05	-
Briquetas	20,10	-	-	-	20,98	-	-	-	-	-	-
Coque de horno de coque	27,21	27,21	27,21	-	32,66	-	29,30	-	-	28,64	-
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,64	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Kazajstán	Kenya	Rep. de Corea	Kuwait	Kirguistán	Letonia	Libano	Libia	Lituania	Luxemburgo	Malasia
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,08	42,08	42,71	42,54	42,08	-	42,16	43,00	42,08	-	42,71
Líquidos de gas natural	41,91	-	-	42,62	-	-	-	43,00	-	-	43,12
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	-	-	-	44,80	-	42,54
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	18,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	18,58	-	27,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	18,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	18,58	-	19,26	-	18,58	-	-	-	-	-	25,75
Importaciones	18,58	25,75	27,21	-	18,58	18,58	-	-	18,59	29,30	25,75
Exportaciones	18,58	-	-	-	18,58	25,12	-	-	18,59	-	25,75
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	14,65	-	-	-	14,65	-	-	-	-	-	-
Importaciones	18,58	-	-	-	14,65	-	-	-	-	20,03	-
Exportaciones	18,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetas	-	-	-	-	-	8,37	-	-	8,37	20,10	-
Coque de horno de coque	25,12	-	27,21	-	-	25,12	-	-	-	28,50	27,21
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso - los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Malta	México	Moldova	Marruecos	Mozambique	Myanmar	Nepal	Países Bajos	Antillas Neerlandesas	Nueva Zelandia	Nicaragua
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	-	42,35	-	38,94	-	42,24	-	42,71	42,16	45,93	42,16
Líquidos de gas natural	-	46,81	-	-	-	42,71	-	45,22	-	49,75	-
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,22	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	24,72	-	-	-	-	-	-	-	28,00	-
Importaciones	-	30,18	-	-	-	-	-	28,70	-	28,00	-
Exportaciones	-	22,41	-	-	-	-	-	-	-	28,00	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	-	-	-	23,45	25,75	25,75	-	-	-	26,00	-
Importaciones	25,75	-	18,58	27,63	25,75	25,75	25,12	26,60	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	26,60	-	-	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	18,20	-	-	-	-	-	-	-	21,30	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	-	-	-	8,37	-	-	-	14,10	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	20,00	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	20,00	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	29,30	-	-	-
Briquetas	-	-	-	-	-	-	-	20,00	-	-	-
Coque de horno de coque	-	27,96	25,12	27,21	-	27,21	-	28,50	-	-	-
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Nigeria	Noruega	Omán	Pakistán	Panamá	Paraguay	Perú	Filipinas	Polonia	Portugal	Qatar
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,75	42,96	42,71	42,87	42,16	42,54	42,75	42,58	41,27	42,71	42,87
Líquidos de gas natural	42,75	45,22	42,71	42,87	-	-	42,75	-	-	-	43,00
Materias primas de refinería	-	42,50	-	-	-	-	-	-	44,80	42,50	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	27,54	-	-	29,31	-	-	29,30	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	25,75	28,10	-	18,73	-	-	29,31	20,10	22,95	-	-
Importaciones	-	28,10	-	-	25,75	-	-	20,52	29,41	26,59	-
Exportaciones	25,75	28,10	-	-	-	-	-	-	25,09	-	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,16	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	-	8,37	8,36	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	9,00	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	-	-	-	-	-	-	-	22,99	-	-
Briquetas	-	-	-	-	-	-	-	-	17,84	-	-
Coque de horno de coque	27,21	28,50	-	27,21	-	-	27,21	27,21	27,85	28,05	-
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Rumania	Fed. de Rusia	Arabia Saudita	Senegal	Singapur	Eslovaquia	Eslovenia	Sudáfrica	España	Sri Lanka	Sudán
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	40,65	42,08	42,54	42,62	42,71	41,78	42,75	38,27	42,66	42,16	42,62
Líquidos de gas natural	-	-	42,62	-	-	45,18	-	-	45,22	-	-
Materias primas de refinería	-	-	-	-	-	-	42,50	-	42,50	-	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	16,33	18,58	-	-	-	-	-	30,99	29,16	-	-
Importaciones	25,12	25,12	-	-	-	23,92	30,69	-	30,14	-	-
Exportaciones	-	18,58	-	-	-	-	-	30,99	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	16,33	18,58	-	-	-	-	-	23,60	21,07	-	-
Importaciones	25,12	18,58	-	-	-	23,92	30,69	-	25,54	25,75	-
Exportaciones	-	18,58	-	-	-	-	-	27,99	23,00	-	-
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	-	-	-	8,89	-	11,35	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	16,91	-	11,35	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	16,90	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	7,24	14,65	-	-	-	12,26	8,89	-	7,84	-	-
Importaciones	7,24	-	-	-	9,67	12,20	16,91	-	-	-	-
Exportaciones	-	14,65	-	-	-	15,26	16,90	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	14,65	-	-	-	-	-	-	-	29,30	-	-
Briquetas	14,65	20,10	-	-	-	21,28	-	-	20,22	-	-
Coque de horno de coque	20,81	25,12	-	-	27,21	27,01	26,90	27,88	30,14	-	-
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>											
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>											
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Suecia	Suiza	Siria	Tayikistán	Tanzanía	Tailandia	Trinidad y Tabago	Túnez	Turquía	Turkmenistán	Ucrania
<b>PETRÓLEO</b>											
Petróleo crudo	42,75	43,22	42,04	42,08	42,62	42,62	42,24	43,12	42,79	42,08	42,08
Líquidos de gas natural	-	-	-	41,91	-	46,85	-	43,12	-	41,91	-
Materias primas de refinería	42,50	43,70	-	-	-	-	-	-	42,50	-	-
<b>CARBÓN</b>											
<b>Carbón de coque</b>											
Producción	-	-	-	-	25,75	-	-	-	32,56	-	21,59
Importaciones	30,00	-	-	-	-	-	-	-	33,54	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,59
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>											
Producción	14,24	-	-	-	25,75	-	-	-	30,04	-	21,59
Importaciones	26,98	28,05	-	18,58	-	26,38	-	25,75	27,89	18,58	25,54
Exportaciones	26,98	28,05	-	-	-	-	-	-	-	-	21,59
<b>Carbón sub bituminoso</b>											
Producción	-	-	-	14,65	-	-	-	-	18,00	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>											
Producción	-	-	-	-	-	12,14	-	-	9,63	-	14,65
Importaciones	8,37	-	-	-	-	-	-	-	12,56	-	14,65
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,65
<b>Productos del carbón</b>											
Aglomerados	-	28,05	-	-	-	-	-	-	-	-	29,31
Briquetas	20,10	20,10	-	-	-	-	-	-	20,93	-	-
Coque de horno de coque	28,05	28,05	-	-	27,21	27,21	-	27,21	29,31	-	25,12
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	27,21	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996.											
<sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía.											
<sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación.											
Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.											

<b>CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN)</b>										
<b>VALORES CALORÍFICOS NETOS DE 1990<sup>a</sup> POR PAÍSES<sup>b</sup></b>										
<i>(Terajulios por mil toneladas)</i>	Emiratos Árabes Unidos	Reino Unido	Estados Unidos	Uruguay	Uzbekistán	Venezuela	Viet Nam	Yemen	Zambia	Zimbabue
<b>PETRÓLEO</b>										
Petróleo crudo	42,62	43,40	43,12	42,71	42,08	42,06	42,61	43,00	42,16	-
Líquidos de gas natural	42,62	46,89	47,69	-	41,91	41,99	-	-	-	-
Materias primas de refinería	-	42,50	43,36	-	44,80	-	-	-	-	-
<b>CARBÓN</b>										
<b>Carbón de coque</b>										
Producción	-	29,27	29,68	-	-	-	-	-	24,71	25,75
Importaciones	-	30,07	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	29,27	29,68	-	-	-	-	-	-	-
<b>Otro carbón bituminoso y antracita<sup>c</sup></b>										
Producción	-	24,11	26,66	-	18,58	25,75	20,91	-	24,71	25,75
Importaciones	-	26,31	27,69	-	18,58	-	-	-	-	25,75
Exportaciones	-	27,53	28,09	-	-	25,75	20,91	-	24,71	25,75
<b>Carbón sub bituminoso</b>										
Producción	-	-	19,43	-	-	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lignito</b>										
Producción	-	-	14,19	-	14,65	-	-	-	-	-
Importaciones	-	-	-	-	14,65	-	-	-	-	-
Exportaciones	-	-	14,19	-	14,65	-	-	-	-	-
<b>Productos del carbón</b>										
Aglomerados	-	26,26	-	-	29,31	-	-	-	-	-
Briquetas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coque de horno de coque	-	26,54	27,47	27,21	-	-	27,21	-	27,21	27,21
Gas de coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Para las ex URSS y la ex Yugoslavia se han utilizado cifras de 1996. <sup>b</sup> Los VCN son los utilizados por la AIE en la confección de los balances de energía. <sup>c</sup> En las estadísticas de la AIE, la antracita se combina con otro carbón bituminoso – los VCN indicados arriba reflejan esa combinación. Fuente: Balances de energía de los países miembros de la OCDE, y estadísticas y balances de energía de países no miembros de la OCDE. OCDE /AIE, París, 1998.										

## 2.2 EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO<sub>2</sub> PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

### 2.2.1 Aspectos metodológicos

En el caso de las fuentes fijas, las emisiones de algunos gases distintos del CO<sub>2</sub>, como el metano (CH<sub>4</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) son el resultado de la combustión incompleta de los combustibles. Las *Directrices del IPCC* abarcan las emisiones relacionadas con la combustión de gases de invernadero distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de cinco sectores (fuentes del sector de la energía y la industria manufacturera, del sector comercial/institucional, del sector residencial y de la agricultura, la silvicultura y la pesca). Esta sección se refiere únicamente a las emisiones de los gases de efecto invernadero directo CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Las características de los combustibles (entre ellas el valor calorífico), el tipo de tecnología (incluidos el régimen de combustión, funcionamiento y mantenimiento y el tamaño y la antigüedad del equipo) y las medidas de reducción de las emisiones son los factores fundamentales que determinan las tasas de emisión de los gases CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de fuentes fijas. El contenido de humedad, la fracción de carbono y la eficiencia de la combustión son también factores importantes que es preciso tener en cuenta.

#### 2.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Las *Directrices del IPCC* describen el siguiente método general para estimar las emisiones procedentes de la quema de combustibles para cada uno de los gases de efecto invernadero y para cada subcategoría de fuentes:

##### ECUACIÓN 2.3

$$\text{Emisiones} = \sum (\text{Factor de emisión}_{abc} \cdot \text{Consumo de combustible}_{abc})$$

Donde:

a = tipo de combustible

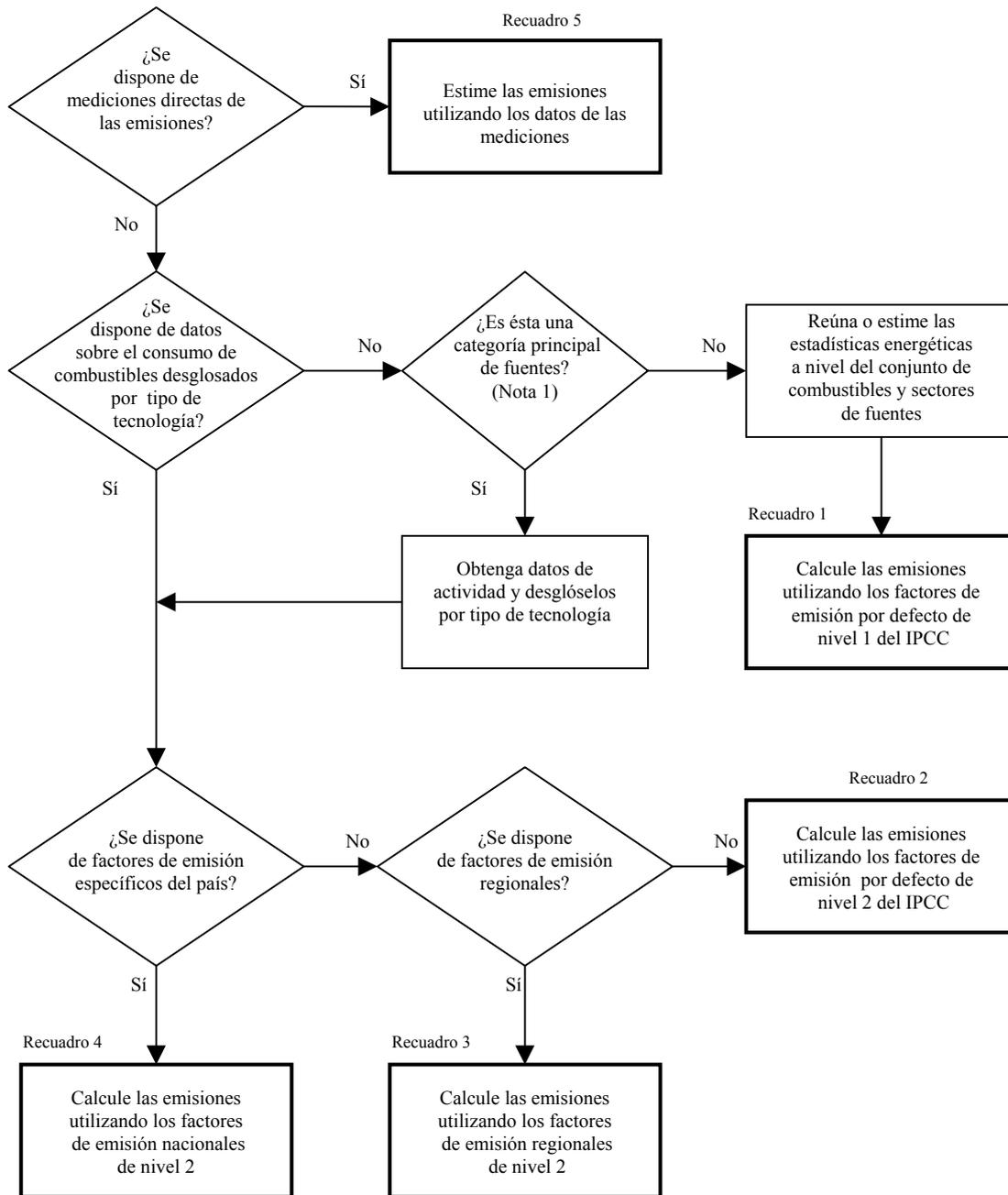
b = actividad del sector

c = tipo de tecnología

Habida cuenta de que las emisiones dependen de determinadas condiciones de combustión y de otras características, es una *buena práctica* desglosar el consumo de combustibles en categorías más pequeñas y homogéneas, si se dispone de datos y de factores de emisión específicos. Las *Directrices del IPCC* se refieren generalmente a esos métodos de estimación desagregados que utilizan factores de emisión específicos de cada país, como el método de nivel 2, y estimaciones más agregadas como los cálculos obtenidos por el método de nivel 1. Es una *buena práctica* utilizar el nivel de desagregación que refleje el mayor grado de detalle en las estadísticas energéticas disponibles en el país.

La figura 2.3, "Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión", resume las *buenas prácticas* en lo que se refiere a la elección de la metodología. Debe aplicarse por separado a cada una de las subcategorías de fuentes de cada uno de los gases de los que existan emisiones en un país, porque la disponibilidad de datos de actividad y factores de emisión (y en consecuencia el resultado en términos de elección de la metodología) puede diferir considerablemente entre una subcategoría de fuentes y otra.

**Figura 2.3** **Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión**



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

**Nota 2:** El árbol de decisiones y la determinación de la *categoría principal de fuentes* deberán aplicarse a las emisiones de metano y de óxido nítrico en forma separada.

Si bien una medición continua de las emisiones también es compatible con las *buenas prácticas*, no se justifica medir solamente las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en forma continua debido al costo relativamente alto de las mediciones y porque no es fácil acceder a sistemas prácticos de vigilancia continua. Se pueden obtener resultados suficientemente exactos si se hacen mediciones periódicas del CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O. Estas mediciones contribuirán a mejorar los factores de emisión. Si ya hay dispositivos de vigilancia instalados para medir otros contaminantes, éstos pueden proporcionar algunos parámetros útiles, como los flujos.

Para hacer un uso adecuado del árbol de decisiones, el organismo encargado del inventario deberá previamente realizar un estudio concienzudo de los datos de actividad nacionales disponibles y de los datos sobre los factores de emisión nacionales o regionales correspondientes a cada una de las categorías de fuentes pertinentes. En algunas subcategorías de fuentes, los datos de actividad y de las emisiones pueden ser escasos. En ese caso, es una *buena práctica* mejorar la calidad de los datos si hay un cálculo inicial realizado con un método por defecto que indica que hay una contribución importante al total nacional de emisiones o si existe un alto grado de incertidumbre.

Cuando se dispone de mediciones directas, es útil comunicar los factores de emisión implícitos con referencias cruzadas por tipo de tecnología, ya que esta información puede ayudar a otros a estimar las emisiones nacionales.

### 2.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Es una *buena práctica* utilizar los factores de emisión más desagregados de que se disponga, por país y por tipo de tecnología, en particular los que se obtienen mediante mediciones directas en las distintas fuentes fijas de combustión. Si se utiliza el método de nivel 2, hay tres tipos posibles de factores de emisión:

- Factores de emisión nacionales<sup>9</sup>. Estos factores de emisión pueden ser calculados por los programas nacionales que ya están midiendo las emisiones de los gases de efecto invernadero indirecto, como el NO<sub>x</sub>, el CO y los COVDM para evaluar la calidad del aire a nivel local;
- Factores de emisión regionales<sup>10</sup>;
- Factores de emisión por defecto del IPCC, siempre y cuando se haya hecho una revisión cuidadosa de la congruencia de estos factores con las condiciones imperantes en el país. Los factores por defecto del IPCC pueden utilizarse cuando no se dispone de ninguna otra información.

Si los datos de actividad nacionales no están suficientemente desagregados como para permitir la aplicación del método de nivel 2, entonces se deben utilizar los factores de emisión agregados de nivel 1, siempre que no se disponga de otros datos de referencia que sean más representativos de las condiciones de combustión imperantes en el país.

Los factores de emisión de los combustibles de biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles. Los resultados preliminares de un proyecto de investigación internacional sobre los factores de emisión de la biomasa, que centra la atención en los países en desarrollo (p.ej. India, Kenya y China), muestran factores de emisión de los pequeños dispositivos de biomasa y de carbonización que son diferentes de los valores por defecto del IPCC. En vista de la importancia que reviste la biomasa en muchos países, se sugiere que los expertos nacionales tengan en cuenta los nuevos factores de emisión, resultado de las últimas investigaciones, en cuanto se publiquen (Smith y otros, 1993; Smith y otros, 1999; Smith y otros, 2000; Zhang y otros, 1999; Zhang y otros, 2000).

### 2.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

Habida cuenta de que la formación de gases distintos del CO<sub>2</sub> está estrechamente vinculada al tipo de tecnología utilizada, se necesitan estadísticas detalladas sobre la tecnología de quema de combustibles para poder hacer estimaciones rigurosas de las emisiones. Es una *buena práctica* reunir datos de actividad en unidades de combustible utilizado, y desglosarlos tanto como sea posible por tipo principal de tecnología. La desagregación puede lograrse mediante un estudio de abajo hacia arriba del consumo de combustibles y la tecnología de combustión, o haciendo asignaciones de arriba hacia abajo de acuerdo con el dictamen de los expertos y el muestro estadístico. Generalmente existen oficinas estadísticas especializadas o dependencias ministeriales que

---

<sup>9</sup> Habida cuenta de que los rangos de incertidumbre asociados dependen de los instrumentos utilizados y de la frecuencia de las mediciones, éstos deberían describirse y declararse en los informes.

<sup>10</sup> Se debería documentar las fuentes de los factores de emisión regionales, e indicar en los informes los rangos de incertidumbre.

se encargan de la reunión y el manejo periódico de los datos. La participación de representantes de esas oficinas en el proceso de preparación del inventario puede facilitar la adquisición de datos de actividad apropiados.

En el caso de la autoproducción de electricidad (autogeneración) es una *buena práctica* asignar las emisiones a las categorías de fuentes (o subcategorías de fuentes) en las que fueron generadas e identificarlas en forma separada de las emisiones vinculadas a otros usos finales como el calor de elaboración. En muchos países se dispone de estadísticas relacionadas con la autoproducción que se actualizan periódicamente. En consecuencia, los datos de actividad no representan un grave obstáculo para la estimación de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> en esos países.

Con respecto a algunas categorías de fuentes (p.ej. el uso de energía en la agricultura), puede haber algunas dificultades para separar el combustible utilizado por el equipo fijo del combustible utilizado por la maquinaria móvil. En vista de que estas dos fuentes tienen factores de emisión diferentes, es una *buena práctica* derivar el uso de energía de cada una de estas fuentes utilizando datos indirectos (p.ej. el número de bombas, el consumo medio, y la necesidad de bombeo de agua). El dictamen de los expertos y la información disponible en otros países también pueden resultar pertinentes.

#### 2.2.1.4 EXHAUSTIVIDAD

La exhaustividad se logrará mediante referencias cruzadas a las categorías de fuentes utilizadas para informar de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión. Deberán usarse las mismas categorías de fuentes en los casos en que sea posible elegir (p.ej. las emisiones procedentes del coque utilizado en los altos hornos, que pueden declararse como emisiones de origen industrial o bien como emisiones procedentes de fuentes fijas de combustión, dependiendo de las circunstancias nacionales, como se explica en la sección 2.1.1.3 y a continuación). Las referencias cruzadas a las categorías de CO<sub>2</sub> no van a abarcar necesariamente las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de combustibles de biomasa, ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los combustibles de biomasa se declaran como partidas informativas pero no se incluyen en los totales nacionales. Por lo tanto, debería consultarse a los organismos nacionales de estadísticas energéticas con respecto al uso de combustibles de biomasa, inclusive sobre el uso posible de combustibles de biomasa que no son objeto de intercambio comercial. Las cuestiones relacionadas con la biomasa revisten una importancia particular para la calidad de los inventarios en los países en desarrollo. Los expertos nacionales deberán hacer un gran esfuerzo para mejorar las estimaciones relacionadas con gases distintos del CO<sub>2</sub>.

Es necesario prestar atención a la comunicación de datos sobre las emisiones procedentes del uso de coque en los altos hornos. El hierro fundido se produce normalmente mediante la reducción de minerales de óxido de hierro en un alto horno, usando el carbono presente en el coque (a veces otros combustibles) como combustible y al mismo tiempo como agente reductor. Dado que el objetivo principal de la oxidación del coque es producir arrabio, deberá considerarse que las emisiones proceden de un proceso industrial si se hace un cálculo detallado de las emisiones industriales. Es importante no contabilizar por partida doble el carbono procedente de la combustión de coque. Por lo tanto, si esas emisiones se han incluido en el sector de los procesos industriales, no deberán incluirse en el sector de la energía. Sin embargo, hay países en los que las emisiones industriales no se analizan en detalle. En esos casos, las emisiones deberán incluirse en el sector de la energía. Es una *buena práctica* indicar claramente si las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes del uso de coque en los altos hornos se han asignado al sector de la energía o al de los procesos industriales, para demostrar que no se han contabilizado por partida doble.

Se deben tener especialmente en cuenta las situaciones imprevistas que puedan afectar a las estimaciones y la distribución sectorial (p.ej. las diferencias estadísticas o los robos). Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios que hagan la interpretación más apropiada posible de las emisiones conexas.

#### 2.2.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

A medida que vayan mejorando los métodos de estimación de las emisiones y se vayan afinando los factores de emisión, será importante determinar las estimaciones de las emisiones del año base a los efectos de estimar las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión. En la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos", se ofrece orientación sobre las *buenas prácticas* en cuanto a asegurar la coherencia de la serie temporal y determinar el año base.

Hay muchos países, y en particular países en desarrollo, que no realizan encuestas anuales. Cuando no se dispone de datos con respecto al año del inventario, puede ser necesario estimar los datos de actividad mediante la extrapolación de los datos del año en curso o la interpolación entre distintos años. Estas extrapolaciones o interpolaciones deben confrontarse periódicamente con los datos reunidos en encuestas realizadas como mínimo

cada tres a cinco años. En la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos", se describen en mayor detalle los métodos que pueden utilizarse para hacer esos cálculos.

Los datos sobre la biomasa pueden estar incompletos, sobre todo en lo que respecta a los dispositivos de combustión pequeños. Si no se dispone de datos con respecto al año del inventario, los organismos encargados del inventario podrán extrapolar los datos del año de que se trate sobre la base de las tendencias anteriores, o bien interpolarlos, aplicando los métodos que se describen en el capítulo 7<sup>11</sup>. Deberán hacerse otras comparaciones adicionales para garantizar que las estimaciones concuerden con los datos conexos que se comunican anualmente (p.ej. la capacidad de producción de madera de los bosques y la producción anual de estiércol).

### 2.2.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las *Directrices del IPCC* no sugieren rangos de incertidumbre por defecto para las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas de combustión. Es una *buena práctica* cuantificar las incertidumbres vinculadas a los resultados del inventario, cualquiera haya sido el nivel del método utilizado.

#### INCERTIDUMBRES EN LOS FACTORES DE EMISIÓN

A falta de estimaciones específicas de un país en particular, se pueden utilizar las incertidumbres por defecto que figuran en el cuadro 2.5, que se han extraído de las calificaciones de la guía del EMEP/CORINAIR (EMEP/CORINAIR, 1999).

CUADRO 2.5		
ESTIMACIONES DE LA INCERTIDUMBRE POR DEFECTO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE LAS FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN		
Sector	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Suministro público de energía eléctrica, generación conjunta y calefacción por distritos	50%-150%	Orden de magnitud <sup>a</sup>
Combustión comercial, institucional y residencial	50%-150%	Orden de magnitud
Combustión industrial	50%-150%	Orden de magnitud
Agricultura/silvicultura/pesca	No declarado	No declarado
<sup>a</sup> Es decir que tiene un rango de incertidumbre que va de un décimo del valor medio a diez veces el valor medio.		
Fuente: Dictamen del Grupo de expertos (véase Copresidentes, Editores y Expertos; Fuentes fijas de combustión).		

Si bien se pueden utilizar estas incertidumbres por defecto para los factores de emisión existentes (ya se trate de factores específicos de un país o de factores extraídos de las *Directrices del IPCC*), puede haber una incertidumbre adicional relacionada con la aplicación de factores de emisión que no sean representativos de las condiciones de combustión imperantes en el país. Es una *buena práctica* obtener estimaciones de estas incertidumbres realizadas por expertos nacionales, teniendo en cuenta la orientación que se da con respecto al dictamen de expertos en el capítulo 6, "La cuantificación de las incertidumbres en la práctica".

#### INCERTIDUMBRES EN LOS DATOS DE ACTIVIDAD

Las estimaciones de los datos agregados sobre el consumo de energía por tipo de combustible suelen ser exactas. Existe un mayor grado de incertidumbre en lo que respecta a la biomasa y los combustibles tradicionales. Las incertidumbres vinculadas a la distribución sectorial (o subsectorial) del uso de los combustibles también suelen ser mayores y varían según el método utilizado (encuesta o extrapolación) y la especificidad de los sistemas estadísticos del país.

<sup>11</sup> En dos reuniones recientes de la AIE se abordaron las cuestiones de reunir y modelar datos sobre la energía generada a partir de la biomasa. Las conclusiones están publicadas en: (i) *Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs*. Actas de la Conferencia. AIE/OCDE, París (Francia). 3 a 5 de febrero de 1997; (ii) *Biomass Energy: Data, Analysis and Trends*. Actas de la Conferencia. AIE/OCDE, París (Francia). 23 y 24 de marzo de 1998.

A la hora de comunicar las incertidumbres se pueden utilizar los rangos de incertidumbre de los datos de actividad que se indican en el cuadro 2.6, "Grado de incertidumbre asociada a los datos de actividad de las fuentes fijas de combustión". Es una *buena práctica* que los organismos a cargo de los inventarios estimen, si es posible, las incertidumbres específicas de sus respectivos países, recurriendo al dictamen de los expertos o al análisis estadístico.

CUADRO 2.6				
GRADO DE INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LOS DATOS DE ACTIVIDAD DE LAS FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN				
Sector	Sistemas estadísticos avanzados		Sistemas estadísticos menos avanzados	
	Encuestas	Extrapolaciones	Encuestas	Extrapolaciones
Electricidad pública, generación conjunta y calefacción por distritos	menos de 1%	3%-5%	1%-2%	5%-10%
Combustión comercial, institucional y residencial	3%-5%	5%-10%	10%-15%	15%-25%
Combustión industrial (Industrias que hacen un uso intensivo de energía)	2%-3%	3%-5%	2%-3%	5%-10%
Combustión industrial (otras)	3%-5%	5%-10%	10%-15%	15%-20%
Biomasa en fuentes pequeñas	10%-30%	20%-40%	30%-60%	60%-100%

El organismo a cargo del inventario deberá decidir cuál es el sistema estadístico que mejor describe las circunstancias nacionales.

Fuente: Dictamen del Grupo de expertos (véase Copresidentes, Editores y Expertos; Fuentes fijas de combustión).

## 2.2.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

El formato actual del informe del IPCC (cuadros en forma de planillas, cuadros con datos agregados) trata de mantener un equilibrio entre la necesidad de transparencia y el grado de esfuerzo que en términos realistas puede realizar el organismo a cargo del inventario. Una *buena práctica* requiere un esfuerzo adicional para cumplir cabalmente los requisitos de transparencia. En particular, si se utiliza el método de nivel 2 (o un método más desagregado), deberán prepararse otros cuadros con datos de actividad que estén directamente vinculados con los factores de emisión.

La mayor parte de las estadísticas energéticas no se consideran confidenciales. Si los organismos a cargo de los inventarios no comunican datos desagregados por razones de confidencialidad, es una *buena práctica* explicar esas razones y presentar los datos en forma más agregada.

Para obtener una estimación sumamente desagregada de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes fijas, puede ser necesario citar muchas referencias o documentos diferentes. Es una *buena práctica* citar partes del texto de esas referencias, sobre todo si describen nuevos avances metodológicos o factores de emisión específicos de determinadas tecnologías o circunstancias nacionales.

Es una *buena práctica* indicar claramente si las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes del coque (u otros combustibles) utilizados en la producción de hierro fundido se han asignado al sector de la energía o al de los procesos industriales, para demostrar que no se han contabilizado por partida doble. Debe haber congruencia entre la atribución de las emisiones de los altos hornos y de otros procesos industriales a las emisiones de CO<sub>2</sub> y a las de gases distintos del CO<sub>2</sub> (véase la sección 2.1.1.4).

### 2.2.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

#### Comparación de las estimaciones de las emisiones por métodos diferentes

- Si se emplea un método de nivel 2 con factores específicos del país, el organismo a cargo del inventario deberá comparar el resultado con las emisiones calculadas utilizando el método de nivel 1 con los factores por defecto del IPCC. Para este tipo de comparación puede ser necesario agregar las emisiones de nivel 2 al mismo sector y grupos de combustibles que el método de nivel 1. Se deberá documentar el método e investigar cualquier discrepancia que se observe.
- Siempre que sea posible, el organismo encargado del inventario deberá comparar que los cálculos sean congruentes con el contenido máximo de carbono de los combustibles que se queman en las fuentes fijas. Los balances de carbono previstos deberán mantenerse en todos los sectores de combustión, y las estimaciones de los gases distintos del CO<sub>2</sub> no deberán contradecir las cantidades teóricas máximas basadas en el contenido total de carbono de los combustibles.

#### Revisión de los factores de emisión

- Si se utilizan factores de emisión específicos del país, el organismo encargado del inventario deberá compararlos con los valores por defecto del IPCC y explicar y documentar las diferencias.
- El organismo a cargo del inventario deberá comparar los factores de emisión utilizados con los factores calculados a nivel de los lugares o plantas en cuestión, si se dispone de estos últimos. Este tipo de comparación permite tener una idea de cuán razonable y representativo es el factor nacional.

#### Revisión de las mediciones directas

- Si se emplean mediciones directas, el organismo encargado del inventario debe asegurarse de que se hagan con arreglo a las buenas prácticas en materia de medición, incluidos los procedimientos de GC/CC pertinentes. Las mediciones directas deberán compararse con los resultados obtenidos utilizando los factores por defecto del IPCC.

#### Examen de los datos de actividad

- El organismo encargado del inventario deberá comparar las estadísticas energéticas con las proporcionadas por las organizaciones internacionales, a fin de detectar cualquier incongruencia que sea necesario explicar.
- Si se utilizan datos secundarios de organizaciones nacionales, el organismo a cargo del inventario deberá asegurarse de que esas organizaciones tengan mecanismos apropiados de GC/CC.

#### Revisión externa

- El organismo encargado del inventario deberá realizar un examen con la participación de expertos nacionales e interesados en las distintas esferas relacionadas con las emisiones procedentes de fuentes fijas, como las estadísticas energéticas, la eficiencia de la combustión en distintos sectores y según la clase de equipo utilizado, el uso de combustibles y las medidas de reducción de la contaminación. En los países en desarrollo, es particularmente importante que las emisiones procedentes de la combustión de biomasa sean revisadas por expertos.

## 2.3 FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: VEHÍCULOS DE CARRETERA

## 2.3.1 Aspectos metodológicos

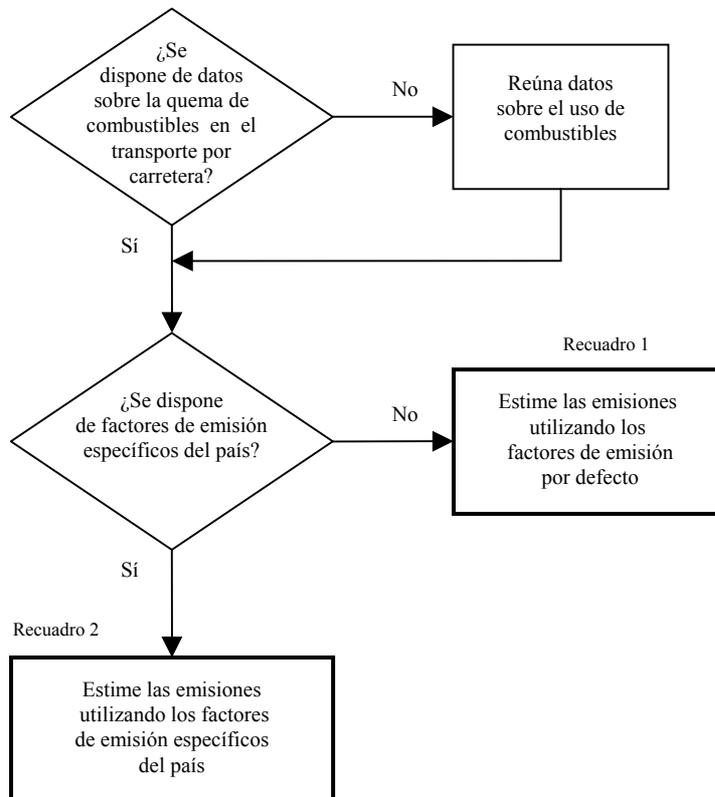
El transporte por carretera emite cantidades importantes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), así como varios otros contaminantes como el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), materia particulada (MP) y óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>), que causan problemas de contaminación del aire a nivel local o regional o los agravan. En este capítulo se examinan las *buenas prácticas* en lo relativo a la preparación de estimaciones de los gases de efecto invernadero directo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

### 2.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

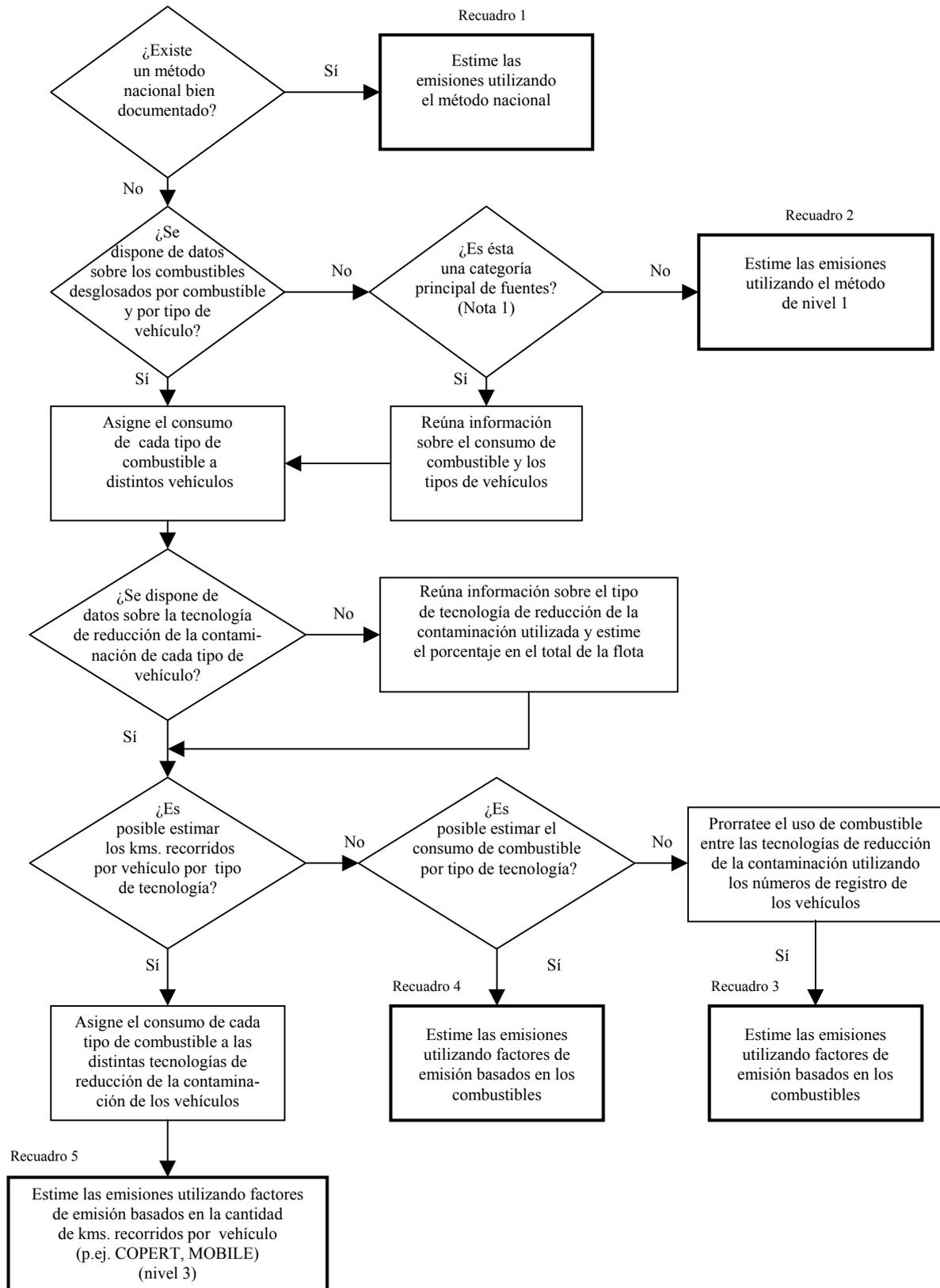
La mejor forma de calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> es teniendo en cuenta la cantidad y el tipo de combustible utilizado y su contenido de carbono. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son más difíciles de estimar con exactitud porque los factores de emisión dependen de la tecnología del vehículo, el combustible y las características de funcionamiento. Tanto los datos de actividad basados en la distancia (p.ej. los kilómetros recorridos por cada vehículo) como el consumo desagregado de combustible pueden ser bastante más inciertos que el consumo total de combustible.

La figura 2.4, "Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los vehículos de carretera", y la figura 2.5, "Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de los vehículos de carretera", describen a grandes rasgos el proceso de cálculo de las emisiones procedentes del sector del transporte. Se pueden aplicar dos métodos diferentes, uno basado en los kilómetros recorridos por cada vehículo y otro basado en el consumo de combustible. El organismo encargado del inventario deberá elegir el método sobre la base de la existencia y la calidad de los datos. Los modelos pueden ayudar a garantizar la coherencia y la transparencia porque los procedimientos de cálculo ya están establecidos en los programas informáticos. Es una *buena práctica* documentar claramente cualquier modificación que se introduzca en los modelos normalizados.

**Figura 2.4** Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los vehículos de carretera



**Figura 2.5** Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de los vehículos de carretera



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

**Nota 2:** El árbol de decisiones y la determinación de la *categoría principal de fuentes* deberán aplicarse a las emisiones de metano y de óxido nítrico en forma separada.

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

En las *Directrices del IPCC* se describen dos métodos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte por carretera. El método de nivel 1, o método "de arriba hacia abajo", calcula las emisiones de CO<sub>2</sub> estimando el consumo de combustible en una unidad común de energía, multiplicándolo por un factor de emisión para obtener el contenido de carbono, calculando el carbono almacenado, corrigiendo para dar cuenta del carbono no oxidado y finalmente convirtiendo el carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>. Este método se describe en la ecuación 2.4.

### ECUACIÓN 2.4

$$\text{Emisiones} = \sum_j [(\text{Factor de emisión}_j \cdot \text{Combustible consumido}_j) - \text{Carbono almacenado}] \\ \cdot \text{Fracción oxidada}_j \cdot 44/12$$

Donde j = tipo de combustible

Por su parte, el método de nivel 2, o método "de abajo hacia arriba", estima las emisiones en dos etapas o pasos. El primer paso (ecuación 2.5) consiste en estimar el combustible consumido por tipo de vehículo i y tipo de combustible j.

### ECUACIÓN 2.5

$$\text{Consumo de combustible}_{ij} = n_{ij} \cdot k_{ij} \cdot e_{ij}$$

Donde:

- i = tipo de vehículo
- j = tipo de combustible
- n = número de vehículos
- k = kilómetros recorridos anualmente por cada vehículo
- e = promedio de litros consumidos por kilómetro recorrido

El segundo paso consiste en estimar las emisiones totales de CO<sub>2</sub> multiplicando el consumo de combustible por un factor de emisión apropiado para el tipo de combustible y el tipo de vehículo (ecuación 2.6).

### ECUACIÓN 2.6

$$\text{Emisiones} = \sum_i \sum_j (\text{Factor de emisión}_{ij} \cdot \text{Consumo de combustible}_{ij})$$

Es una *buena práctica* calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre la base de las estadísticas relativas al consumo de combustible utilizando el método de nivel 1 (de arriba hacia abajo). Esto puede verse en el árbol de decisiones de la figura 2.4, "Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de vehículos de carretera". Salvo raras excepciones (p.ej. cuando existe un intenso contrabando de combustibles), el método de arriba hacia abajo es más fiable para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> y es también mucho más sencillo de aplicar. Lo más importante es asegurar que no se contabilicen por partida doble los vehículos agrícolas y los vehículos para uso fuera de carretera.

Es asimismo una *buena práctica* utilizar paralelamente el método de nivel 2 (de abajo hacia arriba) por las siguientes razones:

- En primer lugar, la aplicación de estos dos métodos es una medida importante de control de calidad. La existencia de diferencias significativas entre los resultados de los métodos de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba indica que uno o ambos métodos pueden tener errores, y que es preciso realizar un análisis más profundo. En la sección 2.3.3, "Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)", se enumeran las esferas de investigación que es preciso abordar a fin de conciliar los métodos de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.

- En segundo lugar, una estimación fiable y exacta de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el método de abajo hacia arriba aumenta la confianza en los datos de actividad subyacentes utilizados para el inventario de abajo hacia arriba. Éstos a su vez constituyen una base importante para el cálculo "de abajo hacia arriba" de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes del transporte por carretera.

Cuando se calculan las emisiones utilizando en forma paralela los métodos de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, es una *buena práctica*, siempre que sea factible, preparar las estimaciones de abajo hacia arriba con independencia de las estimaciones de arriba hacia abajo.

## EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen principalmente de la distribución de los dispositivos de reducción de las emisiones en la flota. Es una *buena práctica* utilizar un método de abajo hacia arriba teniendo en cuenta los diversos factores de emisión correspondientes a las distintas tecnologías de reducción de la contaminación. Deberá aplicarse este método si se trata de una *categoría principal de fuentes*, como se define en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

### 2.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

En las *Directrices del IPCC*, los factores de emisión de CO<sub>2</sub> se calculan sobre la base del contenido de carbono del combustible. Es una *buena práctica* aplicar este método utilizando datos específicos del país, si es posible. Si no se dispone de datos a nivel local, se pueden utilizar los factores de emisión por defecto que se indican en las *Directrices del IPCC*.

La determinación de los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O es una tarea más difícil puesto que para estos contaminantes se requieren factores de emisión basados en la tecnología, en lugar de factores de emisión por defecto agregados. Es una *buena práctica* calcular un factor de emisión para cada tipo de combustible y para cada tipo de vehículo (p.ej. automóviles para pasajeros, camionetas livianas, camiones pesados, motocicletas), de acuerdo con la variedad de tipos de motores que exista a nivel local y la distribución de las tecnologías de reducción de las emisiones que se encuentren instaladas. Los factores se pueden afinar posteriormente si se obtienen datos locales adicionales (p.ej. sobre la velocidad media de conducción, las temperaturas, la altitud, los dispositivos de reducción de la contaminación, etc.). Es una *buena práctica* documentar los fundamentos de los datos.

Hay datos publicados recientemente que indican la necesidad de actualizar los factores de emisión por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* para los vehículos estadounidenses con motor de gasolina<sup>12</sup>. Sobre la base de los datos derivados de los ensayos, los factores de emisión de N<sub>2</sub>O que se indican en las *Directrices del IPCC* para los vehículos estadounidenses (cuadro I-27, "Factores de emisión estimados para los automóviles estadounidenses para pasajeros con motor de gasolina", hasta el cuadro I-33, "Factores de emisión estimados para las motocicletas estadounidenses en el Manual de Referencia"), deberán sustituirse por los factores indicados en los cuadros que figuran a continuación.

---

<sup>12</sup> A efectos de afinar los factores de emisión de N<sub>2</sub>O, la Oficina de Fuentes Móviles del Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. (USEPA) llevó a cabo una evaluación de los datos disponibles, complementada con algunos ensayos, durante junio y julio de 1998. Se determinaron los factores de emisión correspondientes a los primeros vehículos con catalizadores de tres vías y vehículos anteriores, principalmente sobre la base de la bibliografía publicada. En el caso de los vehículos con catalizadores de tres vías (avanzados) y la tecnología poco contaminante para vehículos, se utilizaron datos extraídos del programa de ensayos. El USEPA también evaluó los pocos datos que existen con respecto a los camiones.

<b>CUADRO 2.7</b>		
<b>FACTORES DE EMISIÓN ACTUALIZADOS DE LOS VEHÍCULOS ESTADOUNIDENSES CON MOTOR DE GASOLINA</b>		
<b>Tecnología de reducción de las emisiones</b>	<b>Factor de emisión</b>	
	<b>(g N<sub>2</sub>O/kg combustible)</b>	<b>(g N<sub>2</sub>O/MJ)</b>
Vehículo de bajo nivel de emisión (combustible con escaso contenido de azufre)	<b>0,20</b>	<b>0,0045</b>
Catalizador de tres vías (EE.UU, nivel 1)	<b>0,32</b>	<b>0,0073</b>
Antiguo catalizador de tres vías (EE.UU., nivel 0)	<b>0,54</b>	<b>0,012</b>
Catalizador de oxidación	<b>0,27</b>	<b>0,0061</b>
Medidas de reducción no catalizadoras	<b>0,062</b>	<b>0,0014</b>
Ninguna medida o dispositivo de reducción	<b>0,065</b>	<b>0,0015</b>

Fuente: Harvey Michael, (1999), Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. (USEPA) Comunicación personal a Michael Walsh.

Notas:

En este cuadro, el nivel 0 y el nivel 1 se refieren a los niveles utilizados en la metodología de los EE.UU., no a los niveles del IPCC. Estos datos se han redondeado a dos dígitos significativos.

Hay una base de datos sobre factores de emisión dependientes de la tecnología basados en datos de Europa que está disponible en la herramienta Copert en: <http://etc-aec.eionet.eu.int/etc-ae/index.htm>.

Para convertir a g/km, multiplique el factor de emisión (g/kg) por la densidad del combustible en kg/l y luego divida por el ahorro de combustible en km/l. Por ejemplo, si el factor de emisión es 0,32 g/kg, la densidad de combustible es 0,75 kg/l y el ahorro de combustible es 10 km/l, entonces el factor de emisión en g/km es  $(0,32 \text{ g/kg} \cdot 0,75 \text{ kg/l}) / 10 \text{ km/l} = 0,024 \text{ g/km}$ .

En el cuadro 1-37, "Factores de emisión estimados para los automóviles europeos para pasajeros con motor diesel", al cuadro 1-39, "Factores de emisión estimados para los vehículos europeos pesados con motor diesel", de las *Directrices del IPCC*, se enumeran factores de emisión de N<sub>2</sub>O aplicables a los vehículos europeos con motor diesel de 0,01, 0,02 y 0,03 g/km para autos, camiones livianos y vehículos pesados respectivamente. Estos factores son estimaciones de órdenes de magnitud que reflejan aproximadamente las diferencias en el ahorro de combustible. Los factores de emisión de otros países pueden diferir de los datos indicados en el cuadro 2.7. Se recomienda el valor medio de 0,172 g/kg para todos los vehículos estadounidenses con motor diesel, cualquiera sea su tecnología de reducción de la contaminación. Este valor corresponde a 0,0039 g/MJ, en la hipótesis de 44 MJ/kg.

### 2.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

Lo primero que debe hacerse a los efectos de estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> por el método de arriba hacia abajo es determinar el uso total de combustibles en el sector del transporte, desglosado por tipo principal de combustible. Estos datos deberían poder extraerse de las estadísticas nacionales de energía. Una vez hecho esto, se deben resolver varias cuestiones, entre ellas las siguientes:

- Obtener datos sobre los combustibles que tienen una distribución reducida, como el gas natural comprimido o los biocombustibles. Estos datos también deberían poder obtenerse de la autoridad nacional encargada de las estadísticas energéticas. De acuerdo con las *Directrices del IPCC*, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los biocombustibles se declaran como partidas informativas pero no se incluyen en los totales nacionales. Las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de los biocombustibles deben incluirse en los totales nacionales.
- Obtener datos para distinguir entre el uso de combustible por vehículos de carretera y el uso de combustible por vehículos para uso fuera de carretera, que se declaran en distintas categorías de fuentes en las *Directrices del IPCC*. Se sugieren dos criterios posibles:
  - i) Un cálculo de abajo hacia arriba del combustible utilizado por cada tipo de vehículo de carretera. La diferencia entre el total de los vehículos de carretera (de abajo hacia arriba) y el total del combustible utilizado en el transporte se imputa al sector de vehículos para uso fuera de carretera;
  - o
  - ii) El cálculo de abajo hacia arriba del combustible utilizado por cada tipo de vehículo de carretera se complementa con estudios especiales para determinar el uso de combustibles fuera de las

carreteras. A continuación se desglosa el uso total de combustible en el sector del transporte (estimación de arriba hacia abajo) por tipo de vehículo, y en el sector de vehículos para uso fuera de carretera en proporción a las estimaciones de abajo hacia arriba.

- Datos con respecto al combustible vendido para ser utilizado en el sector del transporte pero que luego puede ser utilizado para otros fines (o a la inversa).
- Estimaciones del contrabando de combustibles que entra al país o sale al exterior.

Algunos organismos encargados de preparar los inventarios tienen o tendrán mayor confianza en los datos sobre el consumo de combustible por los vehículos, desglosados por tipo de vehículo y tecnología, mientras que otros prefieren tener en cuenta los kilómetros recorridos por los vehículos. Los dos criterios son aceptables siempre y cuando se documente claramente cuál fue la base de las estimaciones.

Si las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de fuentes móviles son una *categoría principal de fuentes*, se necesita más información sobre los factores que influyen en las emisiones, tales como:

- la distribución de los distintos tipos de vehículos (automóviles, camiones livianos, camiones pesados y motocicletas) en la flota;
- la tecnología de reducción de las emisiones incorporada a los distintos tipos de vehículos que componen la flota;
- la distribución de la antigüedad de la flota;
- el clima;
- la altitud en la que funcionan los vehículos;
- los efectos del mantenimiento.

Si se desconoce la distribución del uso de combustible por vehículo y por tipo de combustible, la misma deberá estimarse sobre la base del número de vehículos de cada tipo. Si no se sabe cuál es el número de vehículos de cada tipo y el tipo de combustible que utilizan, las estimaciones deberán basarse en las estadísticas nacionales. Si se dispone de datos locales sobre los kilómetros recorridos anualmente por vehículo y el ahorro medio de combustible por vehículo y por tipo de combustible, deberán utilizarse dichos datos.

#### 2.3.1.4 EXHAUSTIVIDAD

Los lubricantes deberán contabilizarse en las categorías de otras emisiones, ya que el volumen que es objeto de combustión directa en el sector del transporte es muy reducido.

Con respecto al problema de la compra y el consumo de combustibles en diferentes países (es decir, combustible en tanques que cruzan una frontera) y la cuestión de la asignación, las *Directrices del IPCC* establecen que: "Las emisiones de los vehículos de carretera deben atribuirse al país donde se carga el combustible en el vehículo".

Los combustibles oxigenados y otros agentes de unión deberán contabilizarse cuidadosamente al hacer las estimaciones del CO<sub>2</sub>, si se utilizan en grandes cantidades. Es importante dar cuenta de todo el carbono fósil, y que el carbono procedente de la biomasa se declare como partida informativa pero no se incluya en los totales nacionales de CO<sub>2</sub>, como lo exigen las *Directrices del IPCC*.

#### 2.3.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

A los efectos del uso de modelos y actualizaciones o modificaciones de los modelos, es importante que la serie temporal mantenga su coherencia. Cuando los modelos se modifican, es una *buena práctica* volver a calcular toda la serie temporal. Puede ser difícil establecer una serie temporal coherente con respecto a la reunión inicial de datos sobre la tecnología de la flota. En ese caso será necesario recurrir a la extrapolación, respaldada quizás por el uso de datos indirectos, para los primeros años de la serie. Los organismos a cargo de los inventarios deberán remitirse, con fines de orientación general, al análisis que se hace de este tema en la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

### 2.3.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

El dióxido de carbono suele ser responsable de más del 97% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente procedentes del sector del transporte<sup>13</sup>. El dictamen de los expertos sugiere que la incertidumbre en la estimación del CO<sub>2</sub> es de aproximadamente  $\pm 5\%$ , según estudios realizados con estadísticas fiables sobre los combustibles<sup>14</sup>. La fuente primaria de incertidumbre son los datos de actividad, más que los factores de emisión.

El óxido nitroso contribuye normalmente a alrededor del 3% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente procedentes del sector del transporte. El dictamen de los expertos sugiere que la incertidumbre en la estimación del N<sub>2</sub>O puede ser de más de  $\pm 50\%$ . La principal fuente de incertidumbre está relacionada con los factores de emisión.

El metano contribuye por lo general a menos del 1% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente procedentes del sector del transporte. Los expertos creen que hay una incertidumbre de  $\pm 40\%$  en la estimación del CH<sub>4</sub>. La fuente más importante de incertidumbre es, también en este caso, los factores de emisión.

Para reducir la incertidumbre es necesario adoptar un método amplio que reduzca las incertidumbres en los factores de emisión, así como en los datos de actividad, especialmente con respecto al método de abajo hacia arriba. Al fomentar el uso de datos estimados a nivel local, los inventarios mejorarán a pesar de las grandes incertidumbres que puedan existir en torno a los datos nacionales.

En el capítulo 6, "La cuantificación de las incertidumbres en la práctica", se describe la forma de utilizar datos empíricos nacionales y el dictamen de expertos para estimar las incertidumbres, y la manera de combinar las estimaciones de la incertidumbre para todo el inventario en su conjunto.

### 2.3.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a la fuente de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

Es probable que la confidencialidad no constituya un grave obstáculo en el caso de las emisiones procedentes del transporte por carretera, aunque cabe advertir que en algunos países el uso de combustibles para fines militares puede mantenerse confidencial. La composición de algunos aditivos es confidencial, pero esto sólo tiene importancia si influye en las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 2.3.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

---

<sup>13</sup> Según datos de 1990 sobre los países comprendidos en el Anexo I, extraídos de la base de datos de la secretaría de la CMCC sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, actualizada a septiembre de 1999.

<sup>14</sup> Los porcentajes mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

### **Comparación de las emisiones por métodos diferentes**

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el organismo encargado del inventario deberá comparar las estimaciones utilizando tanto el método de arriba hacia abajo como el de abajo hacia arriba. Cualquier anomalía que se observe en las estimaciones de las emisiones deberá investigarse y explicarse. Los resultados de estas comparaciones deberán registrarse como parte de la documentación interna. La modificación de los siguientes supuestos podría permitir reducir las diferencias que se detecten entre ambos métodos:

- Usos del combustible en vehículos para uso fuera de carretera o con fines distintos del transporte;
- Kilometraje anual medio de los vehículos;
- Eficiencia en el uso del combustible por los vehículos;
- Averías de los vehículos por tipo, tecnología, antigüedad, etc.;
- Uso de combustibles oxigenados/biocombustibles/otros aditivos;
- Estadísticas sobre el uso de combustibles;
- Combustible vendido/utilizado.

### **Revisión de los factores de emisión**

Si se usan los factores por defecto del IPCC, el organismo a cargo del inventario deberá asegurarse de que sean pertinentes y aplicables a las categorías. En lo posible, los factores por defecto del IPCC deberán compararse con los datos locales para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

En el caso de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>, el organismo encargado del inventario deberá cerciorarse de que la fuente original de los datos sobre los factores locales sea aplicable a la categoría y que se haya comprobado la exactitud de los procedimientos de adquisición de datos y de los cálculos. Siempre que sea posible, los factores por defecto del IPCC deberán compararse con los factores locales. Si se utilizaron los factores por defecto del IPCC para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O, el organismo encargado del inventario deberá asegurarse de que se hayan empleado para el cálculo los factores de emisión actualizados que figuran en el cuadro 2.7, "Factores de emisión actualizados de los vehículos estadounidenses con motor de gasolina".

### **Examen de los datos de actividad**

El organismo a cargo del inventario deberá examinar la fuente de los datos de actividad para cerciorarse de la aplicabilidad y la pertinencia de la categoría. Siempre que sea posible, el organismo encargado del inventario deberá comparar los datos con datos de actividad históricos o resultados de modelos anteriores, para detectar cualquier anomalía. Dicho organismo deberá asegurarse de que los datos de actividad sean fiables en lo que respecta a los combustibles que tienen una distribución reducida, los combustibles empleados para otros fines, el tránsito por carretera y fuera de carretera, y el transporte ilícito de combustibles dentro o fuera del país. El organismo a cargo del inventario también deberá evitar contabilizar por partida doble los vehículos agrícolas y los vehículos para uso fuera de carretera.

### **Revisión externa**

El organismo encargado del inventario deberá realizar un examen independiente y objetivo de los cálculos, los supuestos y la documentación del inventario de emisiones para evaluar la eficacia del programa de CC. Es conveniente que la revisión por especialistas sea realizada por uno o más expertos que estén familiarizados con la categoría de fuentes y que comprendan los requisitos del inventario. El cálculo de los factores para estimar las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> es particularmente importante debido a la incertidumbre asociada a éstas.

## 2.4 FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: NAVEGACIÓN ACUÁTICA

### 2.4.1 Aspectos metodológicos

Esta categoría de fuentes comprende todas las emisiones procedentes de los combustibles utilizados para la propulsión de las embarcaciones, incluidos los aerodeslizadores y los hidroplanos. La navegación acuática genera emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), así como de monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), materia particulada (MP) y óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>). En esta sección se centra la atención en los gases de efecto invernadero directo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O.

Las partes en la CMCC aún no han adoptado una decisión definitiva en cuanto a la inclusión en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de las emisiones procedentes de los combustibles utilizados en la aviación internacional y de los *bunkers* marítimos internacionales. Por el momento, todas las emisiones procedentes de estos combustibles deben excluirse de los totales nacionales, y declararse por separado.

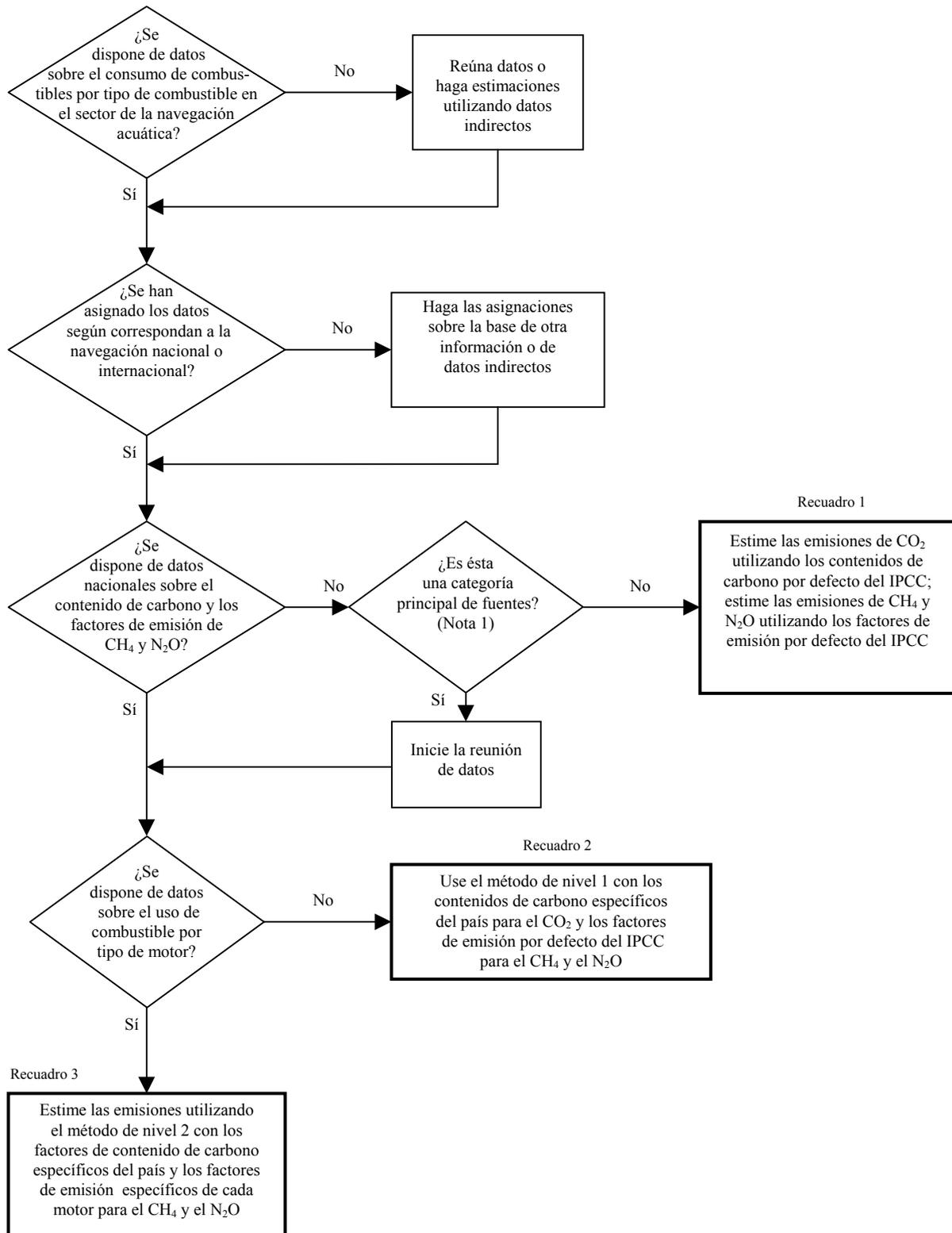
#### 2.4.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Las *Directrices del IPCC* proponen dos niveles metodológicos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de la navegación acuática. Tanto el método de nivel 1 como el de nivel 2 se basan esencialmente en el mismo criterio analítico, que consiste en aplicar factores de emisión a los datos de actividad sobre el consumo de combustibles. Los datos relativos al consumo de combustibles y los factores de emisión en el método de nivel 1 son específicos de cada tipo de combustible y de cada modalidad de transporte (p.ej. el petróleo que se utiliza para la navegación). El método de nivel 2 presenta diversos factores de emisión basados en investigaciones realizadas en los Estados Unidos y Europa, que exigen distintos grados de especificidad en la clasificación de las modalidades (p.ej. buques y embarcaciones de navegación marítima), el tipo de combustible (p.ej. gasolina), e incluso el tipo de motor (p.ej. diesel). La figura 2.6, "Árbol de decisiones aplicable a las emisiones procedentes de la navegación acuática", ayuda a elegir entre los dos niveles.

La *buena práctica* consiste en utilizar el método de nivel 1 para el CO<sub>2</sub>, y el método de nivel 2 para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O. El método de nivel 1 aplicado a las emisiones de CO<sub>2</sub> se basa en el consumo de combustible por tipo de combustible, el contenido de carbono del combustible, y la fracción del combustible que queda sin oxidar. El método de nivel 2 aplicado a las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> también usa el consumo de combustibles por tipo de combustible, pero ofrece una variedad de factores de emisión genéricos y específicos de cada país para determinados tipos de combustibles, motores y vehículos. También puede ser una *buena práctica* aplicar métodos nacionales si están bien documentados y han sido revisados por especialistas en la materia.

Mientras no se reduzcan las incertidumbres que rodean a los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, el uso de métodos más detallados no reducirá necesariamente las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones. Sin embargo, a pesar de esta escasa reducción de la incertidumbre, es probable que a más largo plazo sea conveniente aplicar estos métodos, por varias otras razones. Una de ellas es lograr una armonización con otros métodos de preparación de inventarios de emisiones que son más detallados. Un método más detallado puede contabilizar mejor los cambios en las tecnologías y, por ende, en los factores de emisión, que se produzcan en el futuro. Si se obtienen mejores factores de emisión específicos para cada tipo de motor y de combustible, una base de datos históricos desglosados sobre el uso de combustibles permitirá determinar, mediante un análisis retrospectivo, la tendencia registrada hasta el año base.

**Figura 2.6** **Árbol de decisiones aplicable a las emisiones procedentes de la navegación acuática**



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

## ACTIVIDADES MILITARES

Las *Directrices del IPCC* no sugieren un método específico para calcular las emisiones procedentes de actividades marítimas militares. Las emisiones procedentes del uso de combustibles en el mar con fines militares se pueden estimar utilizando el mismo criterio "híbrido" recomendado para la navegación no militar (es decir, el método de nivel 1 para el CO<sub>2</sub>, y el método de nivel 2 para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O). No obstante, en la navegación marítima militar puede haber operaciones, situaciones y tecnologías especiales que carezcan de un componente civil análogo (p.ej. los portaaviones, las plantas generadoras auxiliares muy grandes, y tipos de motores especiales). Por lo tanto, los organismos a cargo de los inventarios deberán consultar a expertos militares para determinar los factores de emisión más apropiados.

### 2.4.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión de dióxido de carbono se basan en el tipo de combustible y el contenido de carbono así como en la fracción de combustible que haya quedado sin oxidar. Es una *buena práctica* utilizar los factores nacionales de contenido de carbono y fracción oxidada en el caso del CO<sub>2</sub>, cuando se dispone de éstos. Los valores por defecto también pueden utilizarse cuando no se dispone de otra información (*Directrices del IPCC*, Libro de trabajo, cuadro 1-2, "Factores de emisión de carbono", y cuadro 1-4, "Fracción del carbono oxidado").

La información que existe sobre los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la navegación marítima es limitada. Las *Directrices del IPCC* indican factores correspondientes a los EE.UU. y la UE, así como factores calculados por el *Lloyd's Register* (cuadro 1-47, "Factores de emisión estimados para las fuentes móviles de emisiones procedentes de vehículos estadounidenses para uso fuera de carretera", al cuadro 1-49, "Factores de emisión estimados para fuentes móviles de emisiones procedentes de vehículos para uso fuera de carretera y maquinaria europeos", del Manual de Referencia). Los grandes buques cargueros de navegación marítima tienen generalmente, como sistema de propulsión, grandes motores diesel de baja y mediana velocidad, y a veces turbinas de vapor o gas. Con respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de los grandes motores marinos diesel que consumen aceites combustibles destilados o fuelóleo residual es una *buena práctica* utilizar los factores establecidos por el *Lloyd's Register*. Estos factores se basan en el conjunto más extenso y reciente de datos obtenidos mediante ensayos. Como los motores de navegación marítima son predominantemente diesel, y no varían según el país, es poco probable que los factores de emisión nacionales permitan mejorar las estimaciones de las emisiones, a menos que se basen en estudios revisados por especialistas en la materia. En el caso de otras naves, como las embarcaciones de recreo en las vías de navegación interior, conviene utilizar los factores de emisión nacionales si se dispone de ellos. De lo contrario, se pueden utilizar los factores por defecto del IPCC de Lloyds, de los EE.UU. o de la UE. La diferencia en las tasas de emisión muestra la importancia de caracterizar los tipos de motores de la flota y el uso de combustible para estimar las emisiones a escala regional.

## ACTIVIDADES MILITARES

Actualmente no se dispone de factores de emisión de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> para las naves militares. Por lo tanto, se deben utilizar los factores de emisión por defecto aplicables a la navegación civil, a menos que se disponga de datos nacionales de calidad suficiente, teniendo en cuenta las recomendaciones que figuran en el capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

### 2.4.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

A fin de estimar las emisiones, es necesario contar con datos sobre el consumo de combustibles por tipo de combustible y (en el caso del N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>) por tipo de motor. Además, en los procedimientos actuales de presentación de informes, las emisiones procedentes de la navegación acuática nacional se declaran en forma separada de la navegación internacional, que exige desglosar los datos de actividad a este nivel. En aras de la coherencia, es una *buena práctica* usar definiciones similares de las actividades nacionales e internacionales en las estimaciones de las emisiones procedentes de la aviación y la navegación acuática. Esas definiciones se incluyen en el cuadro 2.8, "Criterios para distinguir el transporte marítimo nacional del internacional", y son congruentes con las *Directrices del IPCC*. Sin embargo, son más precisas, para que se puedan utilizar con respecto a las fuentes de datos de actividad. Las definiciones que figuran en el cuadro 2.8 son independientes de la nacionalidad o el pabellón del buque.

CUADRO 2.8		
CRITERIOS PARA DISTINGUIR EL TRANSPORTE MARÍTIMO NACIONAL DEL INTERNACIONAL		
Tipo de travesía	Nacional	Internacional
Comienza y termina en el mismo país	Sí	No
Parte de un país y llega a otro	No	Sí
Zarpa de un país, hace una escala "técnica" en el mismo país sin desembarcar ni embarcar pasajeros o carga, luego vuelve a partir y llega a otro país	No	Sí
Zarpa de un país, hace escala en el mismo país y desembarca o embarca pasajeros o carga, luego parte y finalmente llega a otro país	Segmento nacional	Segmento internacional
Parte de un país, hace escala en el mismo país sólo para embarcar más pasajeros o carga, luego parte y finalmente llega a otro país	No	Sí
Zarpa de un país con destino a otro país y hace una escala intermedia en el país de destino, sin embarcar pasajeros o carga	No	Ambos segmentos internacionales

Los datos sobre el uso de combustibles pueden obtenerse por diversos métodos. El método más viable dependerá de las circunstancias nacionales, pero algunas de las opciones dan resultados más exactos que otras. A continuación se enumeran varias fuentes probables de datos reales sobre el uso de combustibles o datos indirectos, en orden decreciente de fiabilidad:

- Estadísticas nacionales de energía de los organismos de estadística o de energía;
- Encuestas de compañías navieras;
- Encuestas de proveedores de combustible (p.ej. cantidad de combustibles marinos entregados en instalaciones portuarias);
- Encuestas de autoridades portuarias y marítimas individuales;
- Encuestas de empresas pesqueras;
- Cuento de equipos, especialmente respecto de las pequeñas embarcaciones pesqueras y de recreo con motor de gasolina;
- Registros de importaciones y exportaciones;
- Datos sobre el movimiento de los buques y los horarios normales de los ferrys de pasajeros y de carga;
- Recuento de pasajeros y datos sobre el tonelaje de la carga;
- Organización Marítima Internacional (OMI), fabricantes de motores, o la base de datos Jane's sobre buques militares (*Jane's Military Ships Database*).

Puede ser necesario combinar estas fuentes de datos para obtener información completa sobre las actividades de navegación.

## ACTIVIDADES MILITARES

Por razones de confidencialidad (véase exhaustividad y presentación de informes), muchos organismos encargados de los inventarios pueden tener dificultades para conseguir datos sobre la cantidad de combustible utilizado por los militares. Las actividades militares se definen, a los efectos del presente documento, como las actividades que utilizan combustible comprado por las autoridades militares de un país o suministrado a dichas autoridades. Es una *buena práctica* aplicar las normas que definen las operaciones civiles de navegación nacional e internacional a las operaciones militares, cuando son comparables. Cuando no lo son, deberán explicarse las decisiones que se hayan adoptado con respecto a las operaciones nacionales e internacionales. Los datos sobre el uso de combustible con fines militares pueden obtenerse de las instituciones militares del gobierno o de los proveedores de combustibles. Si no se dispone de información desglosada sobre el destino de los combustibles, se considerará que todo el combustible vendido para actividades militares se destinó a la navegación nacional.

De conformidad con la decisión 2/CP.3 de la Conferencia de las Partes (CP), las operaciones multilaterales no deben incluirse en los totales nacionales sino declararse por separado, aunque no existe hasta el momento una definición clara de "operación multilateral".

#### 2.4.1.4 EXHAUSTIVIDAD

Los métodos utilizados para estimar las emisiones procedentes de la navegación acuática se basan en el total de combustible utilizado. Como los países tienen generalmente sistemas de contabilidad eficaces para medir el consumo total de combustibles, es probable que, si existe una cobertura insuficiente de esta categoría de fuentes, ello se deba principalmente a la asignación errónea de emisiones procedentes de la navegación a otra categoría de fuentes. Por ejemplo, en el caso de las embarcaciones pequeñas con motor de gasolina puede ser difícil obtener registros completos sobre el uso de combustible y es posible que algunas de las emisiones se declaren como de origen industrial (cuando las empresas industriales usan embarcaciones pequeñas), o como procedentes de otras fuentes móviles de emisiones procedentes de vehículos para uso fuera de carretera, o de fuentes fijas de generación de energía eléctrica. En las estimaciones de las emisiones procedentes de la navegación acuática debe incluirse no solamente el combustible utilizado en la navegación marítima, sino también el combustible utilizado por las naves de pasajeros, los ferrys, las embarcaciones de recreo, otras embarcaciones de navegación nacional y otras naves con motor de gasolina. La asignación errónea de las emisiones no afectará a la exhaustividad del inventario del total de emisiones de CO<sub>2</sub>. Repercutirá en la exhaustividad del inventario del total de emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>, porque los factores de emisión de gases distintos del CO<sub>2</sub> difieren de una categoría de fuentes a otra.

También puede haber problemas para lograr la exhaustividad cuando los datos militares son confidenciales, a menos que el uso de combustible para actividades militares se agregue a otra categoría de fuentes.

Hay otras dificultades para distinguir entre las emisiones nacionales e internacionales. Como las fuentes de datos de cada país son exclusivas en lo que respecta a esta categoría, no es posible formular una norma general en cuanto a la forma de asignar las emisiones cuando no se dispone de datos claros. Es una *buena práctica* especificar claramente los supuestos utilizados para poder evaluar la cuestión de la exhaustividad.

#### 2.4.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Para obtener orientación sobre las *buenas prácticas* en cuanto a determinar las emisiones del año base y garantizar la coherencia de la serie temporal, véase la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos". Es una *buena práctica* determinar el uso de combustibles utilizando el mismo método para todos los años. Si ello no es posible, la reunión de datos debería superponerse lo suficiente para permitir comprobar la coherencia en los métodos empleados.

Si no es posible reunir datos de actividad respecto del año base (p.ej. 1990), puede ser pertinente extrapolar los datos en forma regresiva, utilizando las tendencias en kilómetros recorridos en el transporte de carga y de pasajeros, el total de combustible utilizado o suministrado, o los registros de importaciones y exportaciones.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependerán del tipo de motor y la tecnología. A menos que se hayan establecido factores de emisión específicos de cada tecnología, es una *buena práctica* utilizar el mismo conjunto de factores de emisión específicos de cada combustible para todos los años.

Las actividades de mitigación que den lugar a cambios en el consumo total de combustibles se reflejarán de inmediato en las estimaciones de las emisiones, si se reúnen datos de actividad reales sobre los combustibles. Sin embargo, las opciones de mitigación que afecten a los factores de emisión sólo podrán identificarse si se utilizan factores de emisión específicos de cada tipo de motor, o si se elaboran supuestos en cuanto a la tecnología de reducción de las emisiones. Los cambios que se registren en los factores de emisión a lo largo del tiempo deberán documentarse adecuadamente.

#### 2.4.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

##### DATOS DE ACTIVIDAD

Gran parte de la incertidumbre que rodea a las estimaciones de las emisiones está relacionada con la dificultad para distinguir entre el consumo nacional e internacional de combustible. La incertidumbre puede ser poca si se dispone de datos completos de las encuestas, pero si sólo se dispone de estimaciones o encuestas incompletas, las incertidumbres pueden ser considerables. La incertidumbre varía ampliamente de un país a otro y es difícil de

generalizar. El uso de conjuntos de datos globales puede ser útil en este aspecto, y se prevé que la presentación de informes sobre esta categoría habrá de mejorar en el futuro.

## FACTORES DE EMISIÓN

Los expertos consideran que los factores de emisión de CO<sub>2</sub> procedentes de los combustibles están en general bien determinados, dentro de un rango de  $\pm 5\%$ , ya que dependen principalmente del contenido de carbono de los combustibles<sup>15</sup>. En cambio, la incertidumbre relacionada con las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> es mucho mayor. La incertidumbre del factor de emisión de CH<sub>4</sub> puede llegar a ser de un factor de dos. La incertidumbre del factor de emisión de N<sub>2</sub>O puede ser de un orden de magnitud (es decir, un factor de 10).

### 2.4.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

A continuación se dan algunos ejemplos de la documentación y los informes específicamente relacionados con esta categoría de fuentes:

Las emisiones relacionadas con la navegación acuática se declaran en distintas categorías según su naturaleza. Por razones de *buena práctica*, las categorías que deben utilizarse son:

- Actividades civiles nacionales;
- Actividades militares nacionales;
- Combustibles de *bunkers* internacionales;
- Pesca.

Las *Directrices del IPCC* establecen que las emisiones procedentes de la navegación internacional deben declararse en forma separada de las emisiones procedentes de la navegación nacional, y que no deben incluirse en el total nacional.

Las emisiones relacionadas con la pesca comercial no se declaran dentro de la categoría de la navegación acuática. Estas emisiones deben declararse dentro de la categoría agricultura/silvicultura/pesca, en el sector de la energía. Por definición, todo el combustible suministrado para actividades de pesca comercial en el país que presenta el informe se considera nacional, y no hay una categoría de combustibles de *bunkers* internacionales en la pesca comercial, dondequiera que se realicen las actividades de pesca.

Las emisiones procedentes de las actividades marítimas militares deben indicarse claramente, para aumentar la transparencia de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Además de presentar datos sobre las emisiones, es de *buena práctica* comunicar:

- la fuente de los datos sobre combustibles y otros datos;
- el método utilizado para separar la navegación nacional de la internacional;
- los factores de emisión utilizados y las referencias conexas;
- un análisis de incertidumbre o sensibilidad de los resultados, o ambas cosas, con respecto a los cambios en los datos de entrada y en los supuestos.

---

<sup>15</sup> Los rangos de incertidumbre mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

### 2.4.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

#### Comparación de las emisiones por métodos diferentes

En lo posible, el organismo encargado del inventario deberá comparar las estimaciones determinadas para la navegación acuática utilizando tanto el método de nivel 1 como el de nivel 2. Dicho organismo deberá investigar y explicar cualquier anomalía que se detecte en las estimaciones de las emisiones. Los resultados de estas comparaciones deberán registrarse.

#### Revisión de los factores de emisión

El organismo encargado del inventario deberá cerciorarse de que la fuente original de los datos sobre los factores nacionales sea aplicable a cada categoría y que se haya comprobado la exactitud de los procedimientos de adquisición de datos y de los cálculos. En el caso de los factores por defecto del IPCC, el organismo a cargo del inventario deberá asegurarse de que sean pertinentes y aplicables a la categoría. Siempre que sea posible, deberán compararse los factores por defecto del IPCC con los factores nacionales para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables y razonables.

Si las emisiones derivadas de usos militares se estiman utilizando datos diferentes de los factores por defecto, el organismo encargado del inventario deberá comprobar la exactitud de los cálculos así como la aplicabilidad y pertinencia de los datos.

#### Examen de los datos de actividad

Se deberá examinar la fuente de los datos de actividad para garantizar su pertinencia y aplicabilidad a la categoría. Siempre que sea posible, deberán compararse los datos con datos de actividad históricos o resultados de modelos anteriores, para detectar cualquier anomalía. Se deberán confrontar los datos con indicadores de productividad como la cantidad de combustible por unidad de desempeño del tráfico marítimo (kilómetros recorridos en el transporte de carga y de pasajeros), en comparación con otros países.

Al preparar las estimaciones del inventario, el organismo deberá tomar medidas para asegurar la fiabilidad de los datos de actividad utilizados para asignar las emisiones ya sea a la navegación acuática nacional o a la internacional y para garantizar que se contabilice en las estimaciones todo el combustible vendido en el país para la navegación acuática. Los datos de actividad deberán cotejarse con múltiples referencias debido a la gran incertidumbre asociada a estos datos.

#### Revisión externa

El organismo encargado del inventario deberá realizar un examen independiente y objetivo de los cálculos, los supuestos y la documentación del inventario de emisiones para evaluar la eficacia del programa de CC. Es conveniente que la revisión por especialistas sea realizada por uno o más expertos que estén familiarizados con la categoría de fuentes y que comprendan los requisitos del inventario nacional de gases de efecto invernadero.

## 2.5 FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: AERONAVES

### 2.5.1 Aspectos metodológicos

La categoría del IPCC referida a la aviación civil comprende las emisiones procedentes de todos los usos civiles y comerciales de las aeronaves (internacionales y nacionales) que consistan en el transporte regular o fletado de pasajeros y de carga, incluido el rodaje de los aviones en los aeropuertos, así como la aviación general<sup>16</sup> (p.ej. aviones agrícolas, aviones de reacción privados o helicópteros). Los métodos analizados en esta sección también pueden emplearse para estimar las emisiones procedentes de la aviación militar, pero esas emisiones deben declararse dentro de la categoría 1A.5 del IPCC, "Otras fuentes". Las fuentes fijas de combustión y el transporte terrestre en los aeropuertos deben incluirse en otras categorías según corresponda.

Las aeronaves emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), así como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), materia particulada (MP) y óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>). En esta sección se centra la atención en los gases de efecto invernadero directo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O. Para más información sobre los efectos de la aviación en la atmósfera terrestre, véase IPCC (1999).

Las partes en la CMCC aún no han adoptado una decisión definitiva en cuanto a la inclusión en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de las emisiones procedentes de los combustibles utilizados en la aviación internacional y de los *bunkers* marítimos internacionales. Por el momento, todas las emisiones procedentes de estos combustibles deben excluirse de los totales nacionales, y declararse por separado.

#### 2.5.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En las *Directrices del IPCC* se describe un método de nivel 1 y dos métodos de nivel 2 (denominados nivel 2a y 2b). Todos los métodos se basan en la distinción entre el uso nacional y el uso internacional de combustible. El método de nivel 1 se basa exclusivamente en el combustible, mientras que los métodos de nivel 2 se basan en el número de ciclos de aterrizaje y despegue (LTO, por su sigla en inglés) y el uso de combustible. La estimación del CO<sub>2</sub> depende del contenido de carbono del combustible y de la fracción oxidada y por lo tanto no debería variar significativamente de un nivel a otro. Habida cuenta del conocimiento limitado que se tiene hoy en día de los factores de emisión, el uso de métodos más detallados no reducirá significativamente las incertidumbres en cuanto a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Sin embargo, la decisión de aplicar un método de un nivel más alto podría justificarse, entre otras razones, por la posibilidad de estimar las emisiones junto con otros contaminantes (p.ej. el NO<sub>x</sub>), la conveniencia de armonizar los métodos con los de otros inventarios y la posibilidad de registrar los cambios en las tecnologías (y por ende en los factores de emisión) en el futuro.

Los tres métodos son capaces de detectar los cambios tecnológicos que influyen en el consumo de combustible. Sin embargo, solamente el método de nivel 2b puede captar los efectos que los cambios en los factores de emisión pueden surtir en las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. También se pueden emplear métodos nacionales si están bien documentados y han sido revisados por especialistas en la materia. La elección del método dependerá de las circunstancias nacionales, en particular de la disponibilidad de datos (véanse los árboles de decisiones de las figuras 2.7 y 2.8).

El sencillo método de nivel 1 se basa en una cifra agregada de consumo de combustible calculada para la aviación civil, multiplicada por factores de emisión medios. Se calcula un promedio de los factores de emisión correspondientes a todas las etapas del vuelo, suponiendo que el 10% del combustible<sup>17</sup> se usa en la etapa de LTO<sup>18</sup> (aterrizaje/despegue) del vuelo. Las emisiones se calculan de acuerdo con la ecuación 2.7:

---

<sup>16</sup> En el "Manual sobre el Programa de Estadísticas de la OACI" se define la "aviación general" como todas las operaciones civiles que no sean servicios aéreos regulares y operaciones de transporte aéreo no regulares por remuneración o arrendamiento. Para los fines de las estadísticas de la OACI, las actividades de la aviación general se clasifican en vuelos de instrucción, de negocios y de recreo, trabajos aéreos y otros vuelos.

<sup>17</sup> Fuente: Olivier, 1995. Este porcentaje variará según las circunstancias nacionales, por lo que se exhorta a los países a que hagan sus propias evaluaciones.

<sup>18</sup> Un solo aterrizaje, junto con un solo despegue, definen una operación de LTO que comprende todas las actividades cercanas al aeropuerto que se llevan a cabo por debajo de una altitud de 914 m (3000 pies): motores funcionando a marcha

**ECUACIÓN 2.7**

$$\text{Emisiones} = \text{Consumo de combustible} \cdot \text{Factor de emisión}$$

El método de nivel 2 es aplicable únicamente al uso de combustible por los aviones de reacción en los motores de reacción. La gasolina de aviación se utiliza solamente en las aeronaves pequeñas y generalmente representa menos del 1% del consumo de combustibles en el sector de la aviación. En el método de nivel 2 se hace una distinción entre las emisiones por debajo y por encima de los 914 m (3000 pies) para aumentar la exactitud de las estimaciones, ya que los factores de emisión y los factores de uso de combustible varían según la etapa del vuelo. Las emisiones que se producen en estas dos etapas del vuelo se estiman por separado, a fin de armonizarlas con los métodos diseñados para los programas de contaminación atmosférica que abarcan únicamente las emisiones que se producen por debajo de los 3000 pies. Las emisiones y el combustible utilizado en la etapa de LTO se estiman sobre la base de estadísticas relativas al número de aterrizajes y despegues (agregadas o desglosadas por tipo de aeronave) y los factores de emisión por defecto o factores de uso de combustible por ciclo de LTO (tomados como promedio o desglosados por tipo de aeronave).

En el caso de las aeronaves puede haber discrepancias importantes entre los resultados de un método de abajo hacia arriba y los resultados de un método de arriba hacia abajo basado en los combustibles. Puede verse un ejemplo de ello en Daggett y otros (1999).

Los dos métodos de nivel 2 usan las ecuaciones 2.8 a 2.11 para estimar las emisiones:

**ECUACIÓN 2.8**

$$\text{Emisiones} = \text{Emisiones en la etapa de LTO} + \text{Emisiones en la etapa de crucero}$$

Donde

**ECUACIÓN 2.9**

$$\text{Emisiones en la etapa de LTO} = \text{Número de ciclos de LTO} \cdot \text{Factor de emisión}_{\text{LTO}}$$

**ECUACIÓN 2.10**

$$\text{Consumo de combustible en la etapa de LTO} = \text{Número de ciclos de LTO} \cdot \text{Consumo de combustible por ciclo de LTO}$$

**ECUACIÓN 2.11**

$$\text{Emisiones en la etapa de crucero} = (\text{Consumo total de combustible} - \text{Consumo de combustible en la etapa de LTO}) \cdot \text{Factor de emisión}_{\text{CRUCERO}}$$

Estas ecuaciones pueden aplicarse ya sea a nivel agregado de todas las aeronaves (nivel 2a) o a nivel de los distintos tipos de aeronaves (nivel 2b). En el caso del método de nivel 2b, la estimación deberá incluir todos los tipos de aeronaves que se utilizan frecuentemente en la aviación nacional e internacional. En el método de nivel 2a se incluyen todas las aeronaves y las *Directrices del IPCC* proporcionan factores de emisión agregados por ciclo de LTO. Se proponen factores de emisión agregados para la aviación nacional e internacional en forma separada, y también respecto de una flota antigua y otra de mediana antigüedad.

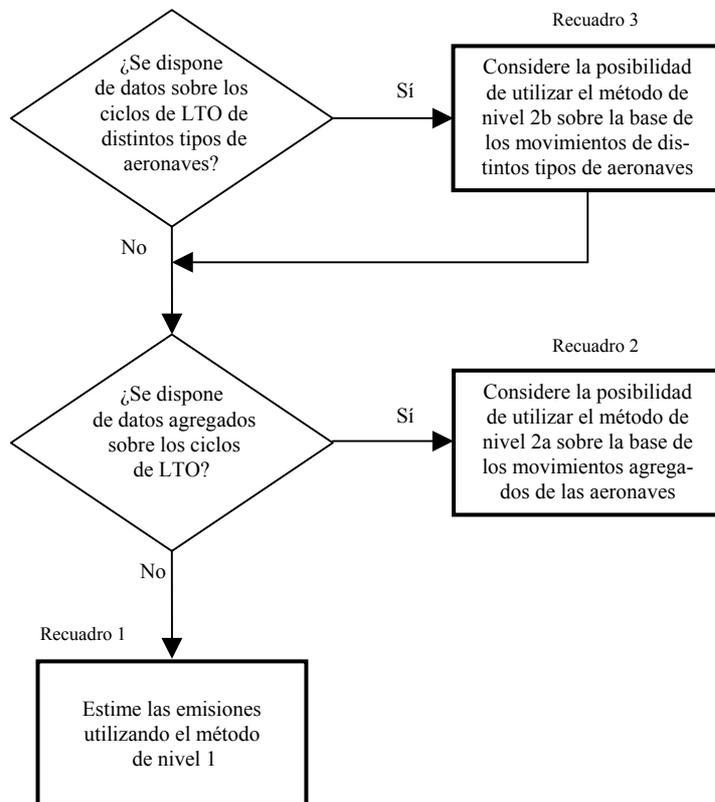
Las emisiones en la etapa de crucero dependen de la duración del vuelo, entre otras variables. En el método de nivel 2, el combustible utilizado en la etapa de crucero se estima como el uso total de combustible menos el combustible utilizado en la etapa de LTO del vuelo, como se indica en la ecuación 2.11. El uso de combustible en la aviación nacional e internacional se estima por separado. El uso estimado de combustible se multiplica por los factores de emisión agregados (tomados como promedio o desglosados por tipo de aeronave) a fin de estimar las emisiones.

---

lenta, rodaje de salida y de llegada, despegue, ascenso y descenso. Las operaciones de las aeronaves por encima de los 914 m se definen como "de crucero".

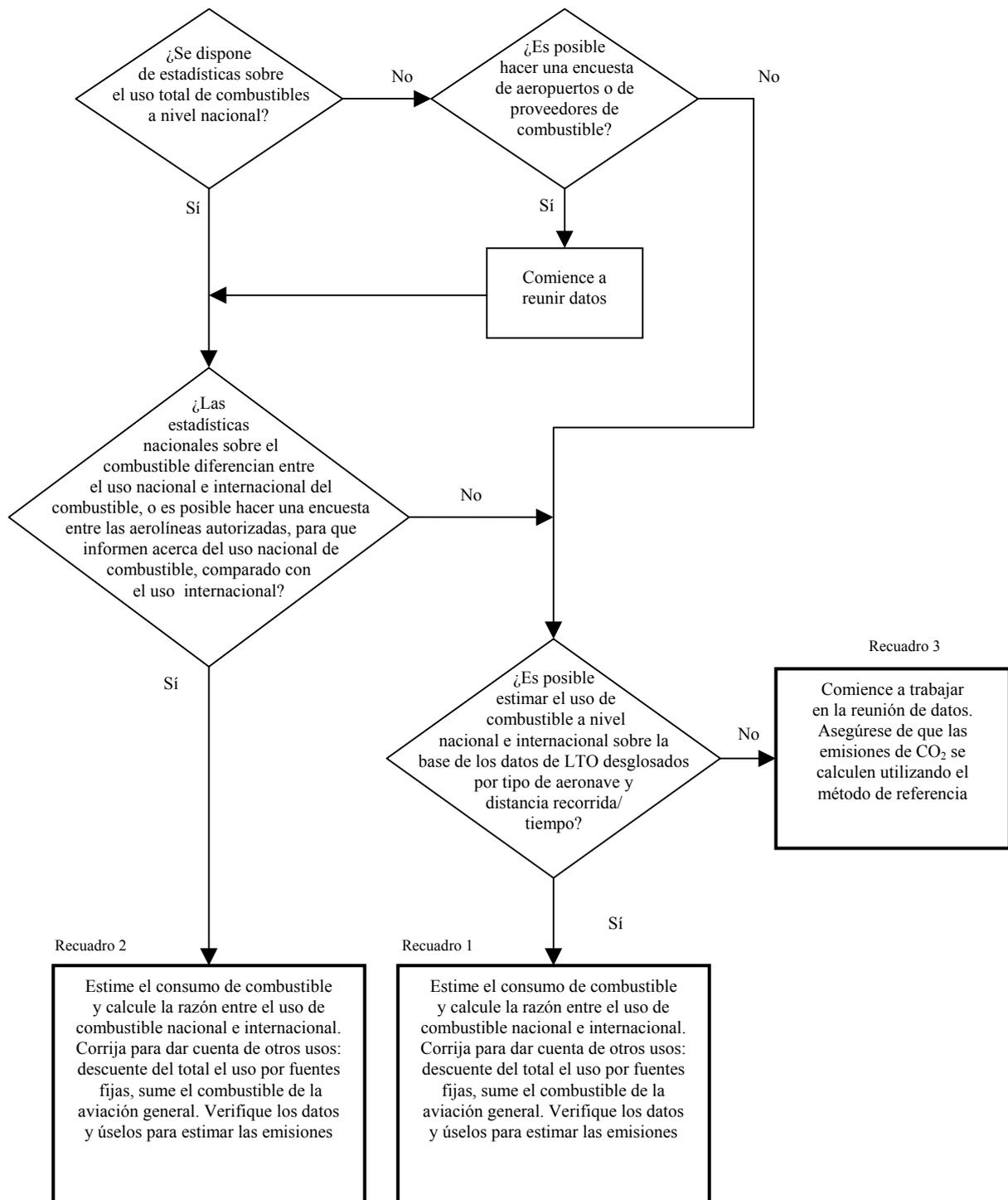
La demanda de recursos para los distintos métodos depende del número de movimientos del tráfico aéreo y de la disponibilidad de datos en el país. La aplicación de los métodos de nivel 1 y nivel 2a, utilizando datos agregados sobre los ciclos de LTO, no debería requerir un volumen considerable de recursos, mientras que la aplicación del método de nivel 2b, basado en los distintos tipos de aeronaves, puede llevar mucho tiempo

**Figura 2.7** Árbol de decisiones sobre la metodología aplicable a las aeronaves



**Nota 1:** En este árbol de decisiones no hay ninguna decisión sobre una fuente principal porque la calidad del inventario no mejora por el hecho de pasar del método de nivel 1 al de nivel 2 si los datos de actividad no están completos. Los organismos encargados de los inventarios deben usar el método que resulte más apropiado de acuerdo con los datos disponibles.

**Figura 2.8** Árbol de decisiones sobre los datos de actividad de las aeronaves



### 2.5.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Es una *buena práctica* utilizar los factores de emisión indicados en las *Directrices del IPCC*. Los factores de emisión nacionales de CO<sub>2</sub> no deberían ser muy diferentes de los valores por defecto, ya que el combustible de los aviones de reacción tiene una calidad bien definida. No obstante, se dispone de poca información con respecto a los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de las aeronaves, y los valores por defecto del IPCC son similares a los que se figuran en la bibliografía. Habida cuenta de que la tecnología aeronáutica no varía de un país a otro, en general no deberían usarse los factores de emisión nacionales a menos que se basen en estudios revisados por especialistas en la materia.

Dentro de este sector, los distintos tipos de combinaciones de aviones y motores tienen factores de emisión específicos y esos factores también pueden variar de acuerdo con la distancia recorrida en vuelo. Se parte del supuesto de que todas las aeronaves tienen los mismos factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, basados en la tasa de consumo de combustible. Se hace esta suposición porque no se dispone de factores de emisión más desagregados.

### ACTIVIDADES MILITARES

Las emisiones procedentes de la aviación militar pueden estimarse por el método de nivel 1 (uso total de combustible y factores de emisión medios). Sin embargo, el término "aeronave militar" abarca muy diversas tecnologías (p.ej. aviones de transporte, helicópteros y cazas), por lo que se recomienda el uso de un método más detallado si se dispone de los datos pertinentes. No se han calculado factores de emisión de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> para la aviación militar. Sin embargo, las características del combustible y las emisiones de muchos tipos de aeronaves de transporte y helicópteros militares son similares a las de los aviones civiles. Se recomienda utilizar los factores de emisión por defecto de las aeronaves civiles para la aviación militar, a menos que se disponga de mejores datos. Con respecto a los factores de uso de combustible, véase *infra*: "Elección de los datos de actividad".

### 2.5.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

De acuerdo con las *Directrices del IPCC*, las emisiones procedentes de la aviación nacional se declaran en forma separada de la aviación internacional. Por este motivo es necesario desglosar el uso del combustible en componentes nacionales e internacionales. El cuadro 2.9, "Distinción entre vuelos nacionales e internacionales", muestra la *buena práctica* en la clasificación de los vuelos. Estas definiciones son una versión más precisa de las que figuran en las *Directrices del IPCC* y deben aplicarse con independencia de la nacionalidad del transportista<sup>19</sup>.

En aras de la coherencia, es una *buena práctica* utilizar definiciones similares de las actividades nacionales e internacionales en las estimaciones de la aviación y la navegación acuática.

Hay distintas formas de obtener datos sobre el uso de combustible que distingan entre la aviación nacional e internacional. Lo que se pueda lograr dependerá de las circunstancias nacionales, pero algunas fuentes de datos (p.ej. las estadísticas energéticas o las encuestas) producirán resultados más exactos que otras. Deberán evaluarse las fuentes de datos que se mencionan a continuación.

Se pueden obtener datos de abajo hacia arriba mediante encuestas realizadas a las compañías aéreas con respecto al combustible utilizado, o estimaciones basadas en datos sobre el movimiento de las aeronaves y los cuadros normalizados sobre el consumo de combustible o ambas cosas.

---

<sup>19</sup> El tratamiento que se da a la aviación nacional e internacional, tanto en las *Directrices del IPCC* como en el cuadro 2.9 que figura más abajo, difiere del que la Organización de Aviación Civil Internacional recomienda a los Estados a los efectos de clasificar las etapas de vuelo cuando se comunican datos estadísticos sobre los transportistas aéreos (OACI, 1997). En este contexto, la OACI define las etapas de vuelo interiores como las realizadas entre puntos comprendidos dentro de las fronteras nacionales de un Estado por un transportista cuya oficina comercial principal esté en dicho Estado y, por lo tanto: (i) incluye las etapas de vuelo entre puntos de un mismo país que precedan a una etapa de vuelo hacia otro país, y (ii) excluye los vuelos entre puntos de un mismo país realizados por transportistas extranjeros.

CUADRO 2.9		
DISTINCIÓN ENTRE VUELOS NACIONALES E INTERNACIONALES		
	Nacional	Internacional
Comienza y termina en el mismo país	Sí	No
Sale de un país y llega a otro	No	Sí
Sale de un país, hace una escala en el mismo país sin desembarcar ni embarcar pasajeros o carga, luego vuelve a partir y llega a otro país	No	Sí
Sale de un país, hace escala en el mismo país y desembarca o embarca pasajeros o carga, luego sale y finalmente llega a otro país	Etapa nacional	Etapa internacional
Sale de un país, hace escala en el mismo país sólo para embarcar más pasajeros o carga, luego sale y finalmente llega a otro país	No	Sí
Sale de un país con destino a otro país y hace una escala intermedia en el país de destino, sin embarcar pasajeros o carga	No	Ambos segmentos internacionales

Se pueden extraer datos de arriba hacia abajo de las estadísticas energéticas nacionales, o de las encuestas de:

- aeropuertos, con respecto a la entrega de queroseno de aviación y gasolina de aviación;
- proveedores de combustible (cantidad de combustible de aviación entregado);
- refinerías (producción de combustibles de aviación), con las correcciones pertinentes para dar cuenta de las importaciones y exportaciones.

Las estimaciones pueden hacerse sobre la base de los factores de consumo de combustible por aeronave (combustible utilizado por LTO y por milla náutica de crucero), que pueden obtenerse de las compañías aéreas. El cuadro 2.10, "Uso de combustible y distancia media recorrida por sector por tipos representativos de aeronaves", que figura en el apéndice 2.5A.1, muestra los datos obtenidos respecto de los 16 tipos de aeronaves utilizados para representar la flota comercial mundial de pasajeros en el inventario mundial ANCAT/EC2<sup>20</sup> (ANCAT/EC2, 1998), más tres aeronaves que posteriormente entraron en servicio remunerado (Falk, 1999). Se podrían obtener datos similares de otras fuentes (p.ej. la guía EMEP/CORINAIR sobre los inventarios, segunda edición, 1999). Los datos equivalentes para los aviones turbohélice y las aeronaves con motor de émbolo deben obtenerse de otras fuentes. La relación entre las aeronaves reales y las representativas puede verse en el cuadro 2.11, "Correspondencia entre las aeronaves representativas y otros tipos de aeronaves", que figura en el apéndice 2.5A.2.

Los datos sobre los movimientos de las aeronaves pueden obtenerse de:

- las oficinas de estadística o los ministerios de transporte, como parte de las estadísticas nacionales;
- los registros de los aeropuertos;
- los registros de ATC (control de tráfico aéreo), como por ejemplo las estadísticas de EUROCONTROL;
- la OAG (Guía Oficial de Aerolíneas), publicada por *Reed Publishing* (mensualmente), que contiene horarios de movimiento de pasajeros y carga, pero no contiene información sobre el tráfico no regular (p.ej. vuelos fletados de pasajeros y operaciones de carga no regulares);
- número de pasajeros y datos sobre el tonelaje de la carga (estos datos no son muy fiables debido a las variaciones en el factor de carga y el tipo de aeronave utilizada).

Debe tenerse en cuenta que algunas de estas fuentes no comprenden todos los vuelos (p.ej. pueden quedar excluidos los vuelos fletados). Por otra parte, los datos de la guía de aerolíneas pueden contar algunos vuelos más de una vez (Baughcum y otros, 1996). Cualquiera sea la fuente de datos que se utilice, los organismos a cargo de los inventarios deben garantizar que éstos sean exhaustivos. Cuando no se pueda acceder fácilmente a

<sup>20</sup> El inventario mundial ANCAT/EC2 fue un programa financiado en parte por la CE para preparar un inventario mundial, basado en una grilla de 3D, del combustible utilizado y el NO<sub>x</sub> producido por las aeronaves civiles comerciales y bizjet, los aviones de carga y las operaciones militares. El año base fue 1991/1992 y el año de predicción fue 2015. Los datos se incorporaron en una grilla formada por recuadros de 1° • 1° • 1 km, sumando los movimientos individuales. Los resultados de los inventarios de ANCAT/EC2 y los de la NASA fueron similares entre sí.

los datos sobre el combustible utilizado en la aviación nacional, las tareas de reunión de datos y preparación de las estimaciones suelen llevar mucho tiempo.

## ACTIVIDADES MILITARES

La preocupación por la confidencialidad puede crear dificultades para obtener datos sobre la cantidad de combustible utilizado por los militares. Esto influirá en la transparencia y posiblemente en la exhaustividad. Las actividades militares se definen como aquellas actividades para las cuales las autoridades militares de un país compran o reciben combustible de aviación. Es una *buena práctica* aplicar las normas que definen las operaciones civiles de aviación nacional e internacional a las operaciones militares cuando son comparables. Cuando no lo son, es una *buena práctica* explicar las decisiones que se hayan adoptado con respecto a las operaciones nacionales e internacionales. A menos que se disponga de información más precisa, todo el combustible debe considerarse nacional. Los datos sobre el uso de combustibles con fines militares pueden solicitarse a las propias autoridades militares y a los proveedores de combustible.

Las *Directrices del IPCC* no proponen un método para evaluar la cantidad de combustible procedente de la aviación militar, aunque debería poder obtenerse información sobre el uso de combustible con fines militares de fuentes de datos nacionales. En ANCAT/EC2 (1998) figura una estimación del combustible utilizado por la aviación militar (aeronaves de transporte/aviones cisterna, cazas/bombarderos y aeronaves ligeras/helicópteros) y se indica el método empleado para obtener dicha estimación. No se incluyen los métodos de estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Otra posibilidad es estimar el uso de combustible teniendo en cuenta las horas de servicio. En el cuadro 2.12, "Factores de consumo de combustible de las aeronaves militares", que figura en el apéndice 2.5A.3, se indican factores de consumo de combustible por defecto.

De conformidad con la decisión 2/CP3 de la CP, las operaciones multilaterales no deben incluirse en los totales nacionales sino declararse por separado, aunque no existe hasta el momento una definición clara de "operación multilateral".

### 2.5.1.4 EXHAUSTIVIDAD

Cualquiera sea el método utilizado, es importante contabilizar todo el combustible vendido para la aviación en el país. Los métodos se basan en el total de combustible utilizado, y deberían abarcar la totalidad de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, los métodos de nivel 2 centran la atención en los vuelos regulares y fletados de pasajeros y de carga, y no en toda la aviación. Además, no incluyen automáticamente los vuelos no regulares y la aviación general como los aviones agrícolas, los aviones de reacción privados o los helicópteros, que deberían sumarse si la cantidad de combustible es considerable. También puede haber problemas para lograr la exhaustividad cuando los datos militares son confidenciales, a menos que el uso de combustible para actividades militares se agregue a otra categoría de fuentes.

### 2.5.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos", se ofrece más información en cuanto a la forma de estimar las emisiones en los casos en que no se pueden utilizar los mismos conjuntos de datos o los mismos métodos durante todos los años de la serie temporal. Si no se dispone de datos de actividad con respecto al año base (p.ej. 1990), otra posibilidad es extrapolar datos a ese año, modificando los kilómetros de carga y pasajeros, el total de combustible utilizado o suministrado, o el número de ciclos de LTO (movimientos de aeronaves).

Las tendencias en las emisiones de CH<sub>4</sub> y NO<sub>x</sub> (y por inferencia de las de N<sub>2</sub>O) dependerán de la tecnología del motor de las aeronaves y de los cambios en la composición de la flota de un país. Es posible que en el futuro sea necesario contabilizar estos cambios en la composición de la flota, y la mejor forma de hacerlo es utilizando el método de nivel 2b sobre la base de los distintos tipos de aeronaves para 1990 y años posteriores. Si la composición de la flota no cambia, se deberá usar el mismo conjunto de factores de emisión para todos los años.

Todos los métodos deben ser capaces de reflejar con exactitud los resultados de las opciones de mitigación que den lugar a cambios en el uso de los combustibles. Solamente el método de nivel 2b, basado en los distintos tipos de aeronaves, puede captar los efectos de las opciones de mitigación que reducen los factores de emisión.

### 2.5.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

#### DATOS DE ACTIVIDAD

La exactitud de los datos que se reúnan sobre la aviación nacional, en forma separada de la aviación internacional, influirá en gran medida en la incertidumbre de la información presentada. Si se dispone de datos completos obtenidos mediante encuestas, la incertidumbre puede ser muy poca (menos del 5%), pero si sólo se dispone de estimaciones o encuestas incompletas, la incertidumbre puede alcanzar proporciones considerables, tal vez de un factor de dos para la aviación nacional<sup>21</sup>.

#### FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> deberían estar dentro de un rango de  $\pm 5\%$ , ya que dependen solamente del contenido de carbono del combustible y de la fracción oxidada. La incertidumbre del factor de emisión de CH<sub>4</sub> puede llegar a ser de un factor de dos. La incertidumbre del factor de emisión de N<sub>2</sub>O puede ser de varios órdenes de magnitud (es decir, un factor de 10, 100 o más).

## 2.5.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

A continuación se dan algunos ejemplos de la documentación y los informes específicamente relacionados con esta categoría de fuentes:

Las *Directrices del IPCC* establecen que los organismos encargados de los inventarios deben declarar las emisiones procedentes de la aviación internacional en forma separada de las emisiones de la aviación nacional, y excluir la aviación internacional de los totales nacionales. Se supone que todos los países tienen actividad aeronáutica y que en consecuencia deberán declarar emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Si bien los países de poca extensión territorial pueden no tener aviación nacional, deben declarar las emisiones procedentes de la aviación internacional.

La transparencia aumentaría si los organismos a cargo de los inventarios declararan las emisiones de la etapa de LTO en forma separada de las emisiones producidas durante las operaciones en etapa de crucero (que a los efectos del presente documento se definen como las operaciones realizadas por encima de los 3000 pies o los 914 m).

Las emisiones procedentes de la aviación militar deben indicarse claramente, para aumentar la transparencia de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Además de comunicar los datos generales que exigen las *Directrices del IPCC*, se lograría una mayor transparencia si se suministrara la información siguiente:

- la fuente de los datos sobre los combustibles y otros datos esenciales (p.ej. los factores de consumo de combustible), dependiendo del método utilizado;
- el número de movimientos de vuelo, divididos en nacionales e internacionales;
- los factores de emisión utilizados, si difieren de los valores por defecto. Deberán indicarse las referencias de las fuentes de datos.

Los organismos a cargo de los inventarios deberán proporcionar la definición de vuelos internacionales e nacionales que se haya utilizado y documentar por qué y cómo se aplicó esa definición.

---

<sup>21</sup> Los rangos de incertidumbre mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

La confidencialidad puede constituir un problema si, en un determinado país, el transporte aéreo nacional está en manos de una o dos compañías aéreas únicamente. La confidencialidad también puede ser un obstáculo para presentar de manera transparente la información relativa a la aviación militar.

### 2.5.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

#### Comparación de las emisiones por métodos diferentes

El organismo encargado del inventario deberá comparar las estimaciones de las emisiones de las aeronaves utilizando tanto el método de nivel 1 como el de nivel 2. Cualquier anomalía que exista en las estimaciones de las emisiones deberá investigarse y explicarse. Los resultados de estas comparaciones deberán registrarse como parte de la documentación interna.

#### Revisión de los factores de emisión

Si se usan factores nacionales en lugar de los valores por defecto, deberá hacerse referencia directamente al análisis de CC vinculado a la publicación de los factores de emisión e incluirse dicho análisis en la documentación de GC/CC, para garantizar que los procedimientos estén de acuerdo con las *buenas prácticas*. En lo posible, el organismo a cargo del inventario deberá comparar los factores por defecto del IPCC con los factores nacionales para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables. Si las emisiones procedentes de usos militares se calcularon empleando datos distintos de los factores por defecto, deberá comprobarse la exactitud de los cálculos y la aplicabilidad y pertinencia de los datos.

#### Examen de los datos de actividad

Se deberá revisar la fuente de los datos de actividad para garantizar la aplicabilidad y pertinencia de la categoría de fuentes. Siempre que sea posible, el organismo encargado del inventario deberá comparar los datos actuales con datos de actividad históricos o resultados de modelos anteriores, para detectar cualquier anomalía. Al preparar las estimaciones del inventario, el organismo deberá cerciorarse de la fiabilidad de los datos de actividad utilizados para clasificar las emisiones según procedan de la aviación nacional o internacional.

Se podrían confrontar los datos con indicadores de productividad como la cantidad de combustible por unidad de desempeño del tráfico (kilómetros por pasajero o kilómetros por tonelada). Cuando se comparan datos de países diferentes, la gama de datos debe ser reducida.

#### Revisión externa

El organismo encargado del inventario deberá realizar un examen independiente y objetivo de los cálculos, los supuestos o la documentación del inventario de emisiones para evaluar la eficacia del programa de CC. Es conveniente que la revisión por especialistas sea realizada por uno o más expertos (p.ej. autoridades de la aviación, compañías aéreas o personal militar) que estén familiarizados con la categoría de fuentes y que comprendan los requisitos del inventario.

## Apéndice 2.5A.1 Uso de combustible y distancia media recorrida por sector por tipos representativos de aeronaves

CUADRO 2.10									
USO DE COMBUSTIBLE Y DISTANCIA MEDIA RECORRIDA POR SECTOR POR TIPOS REPRESENTATIVOS DE AERONAVES									
	Aeronave								
	A310	A320	A330 300 LR	A340	BAC1-11	BAe 146	B727	B737 100-200	B737 400
<b>Distancia media recorrida por sector en millas náuticas (mn)</b>									
Total del vuelo	1 228	663	1 087	2 860	465	327	583	504	531
Ascenso	81	159	113	111	143	106	117	127	100
Crucero	1 034	393	832	2 615	234	152	384	291	339
Descenso	113	111	142	134	88	69	82	86	92
<b>Uso de combustible (kg)</b>									
Total del vuelo	12 160	4 342	15 108	37 317	2 965	2 272	6 269	3 747	3 750
LTO (vuelo < 3000 pies)	1 541	802	2 232	2 020	682	570	1 413	920	825
Vuelo menos LTO (vuelo > 3000 pies)	10 620	3 539	12 876	35 298	2 284	1 702	4 856	2 827	2 925
<b>Uso de combustible (kg por mn)</b>									
Vuelo menos LTO (vuelo > 3000 pies)	8,65	5,34	11,85	12,34	4,91	5,21	8,33	5,61	5,51

Estos datos deben usarse con cautela, ya que las circunstancias nacionales pueden diferir de las que se presumen en este cuadro. En particular, las distancias recorridas y el consumo de combustible pueden verse afectados por las estructuras de las rutas nacionales, la congestión de los aeropuertos y las prácticas de control del tráfico aéreo. El viento también puede influir en el consumo de combustible. Por ejemplo, debido a que los vuelos transatlánticos en dirección oeste suelen durar más y consumir más combustible que los vuelos en dirección este, si se usan los valores medios que figuran en el cuadro (o los que figuran en las *Directrices del IPCC*) se puede subestimar el consumo de combustible de los vuelos en dirección oeste (declarados p.ej. por países europeos) y sobreestimar los vuelos en dirección este (declarados p.ej. por los EE.UU. o el Canadá).

<b>CUADRO 2.10 (CONTINUACIÓN)</b>										
<b>USO DE COMBUSTIBLE Y DISTANCIA MEDIA RECORRIDA POR SECTOR PARA TIPOS REPRESENTATIVOS DE AERONAVES</b>										
	<b>Aeronave</b>									
	<b>B747 100-300</b>	<b>B747 400</b>	<b>B757</b>	<b>B767 300 ER</b>	<b>B777</b>	<b>F28</b>	<b>F100</b>	<b>DC9</b>	<b>DC10-30</b>	<b>MD 82-88</b>
<b>Distancia media recorrida por sector en millas náuticas (mn)</b>										
Total del vuelo	2 741	2 938	958	1 434	1 579	295	360	384	2 118	557
Ascenso	152	95	106	100	112	131	118	118	117	161
Crucero	2 480	2 727	744	1 205	1 325	91	158	182	1 902	306
Descenso	109	116	108	129	141	73	84	84	99	90
<b>Uso de combustible (kg)</b>										
Total del vuelo	60 705	58 325	8 111	14 806	23 627	2 104	2 597	3 202	35 171	4 872
LTO (vuelo < 3000 pies)	3 414	3 402	1 253	1 617	2 563	666	744	876	2 381	1 003
Vuelo menos LTO (vuelo > 3000 pies)	57 291	54 923	6 858	13 189	21 064	1 438	1 853	2 326	32 790	3 869
<b>Uso de combustible (kg por nm)</b>										
Vuelo menos LTO (vuelo > 3000 pies)	20,90	18,69	7,16	9,20	13,34	4,87	5,15	6,06	15,48	6,95

Fuente: ANCAT/EC2 y Departamento de Comercio e Industria del Reino Unido (DTI/EID3cC/199803).

## Apéndice 2.5A.2 Correspondencia entre aeronaves representativas y otros tipos de aeronaves

CUADRO 2.11 CORRESPONDENCIA ENTRE AERONAVES REPRESENTATIVAS Y OTROS TIPOS DE AERONAVES											
Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo
BAe 146	BA46	141	Airbus A320	A320	320	Boeing 747-400	B744	744	McDonnell Douglas DC10	DC10	D10
		143			32S	Boeing 757		757			D11
		146			321			75F			D1C
		14F	Airbus A319	A319	319			TR2			D1F
Airbus A310	A310	310	Airbus A330	A330	330	Boeing 767		762			L10
		312			332			763			L11
		313			333			767			L12
		A31	Airbus A340	A340	340			AB3			L15
Boeing 727-100	B721	721			342			AB6			M11
Boeing 727-200	B722	722			343			A3E			M1F
Boeing 727-300	B727	727	BAe 111	BA11	B11			ABF	McDonnell Douglas DC8		DC8
		72A			B15			AB4			D8F
		72F			CRV	Boeing 777		777			D8M
		72M			F23	Boeing 777-200	B772	772			D8S
		72S			F24	Boeing 777-300	B773	773			707
		TU5			YK4	McDonnell Douglas DC-9		D92			70F
Boeing 737-200	B732	732	Boeing 747-100-300	B741	741			D93			IL6
Boeing 737-500	B735	735		B742	742			D94			B72
		73A		B743	743			D95			
		73B			747			D98			
		73F			74D			D9S			
		73M			74E			DC9			
		73S			74F			F21			
		D86			A4F			TRD			
		JET			74L			YK2			
		DAM			74M	McDonnell Douglas M81-88	MD81-88	M80			

CUADRO 2.11 (CONTINUACIÓN)											
CORRESPONDENCIA ENTRE AERONAVES REPRESENTATIVAS Y OTROS TIPOS DE AERONAVES											
Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo	Tipo genérico de aeronave	OACI	Aeronave de IATA en el grupo
Boeing 737-300	B733	733			IL7			M82			
Boeing 737-700	B737	737			ILW			M83			
Fokker 100	F100	100			NIM			M87			
Fokker F-28	F28	F28			VCX			M88			
		TU3			C51						

El MD90 corresponde al MD81-88 y el B737-600 corresponde al B737-400. El DC8 corresponde al doble del B737-100.  
Fuente: Falk (1999b) y EMEP/CORINAIR (1999).

### Apéndice 2.5A.3 Factores de consumo de combustible de las aeronaves militares

CUADRO 2.12			
FACTORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AERONAVES MILITARES			
Grupo	Subgrupo	Tipo representativo	Flujo de combustible (kg/hora)
Combate	Aviones de reacción de gran velocidad y alto empuje	F16	3 283
	Aviones de reacción de gran velocidad y bajo empuje	Tiger F-5E	2 100
Aviones de entrenamiento	Aviones de reacción de entrenamiento y aviones turbohélice de entrenamiento	Hawk	720
		PC-7	120
Aviones cisterna/ aviones de transporte	Grandes aviones cisterna/de transporte	C-130	2 225
	Aviones de transporte pequeños	ATP	499
Otros	Aviones de patrulla marítima (MPA)	C-130	2 225

Fuentes: Cuadros 3.1 y 3.2 de ANCAT/EC2 1998, British Aerospace/Airbus.

<b>CUADRO 2.13</b>		
<b>CONSUMO MEDIO ANUAL DE COMBUSTIBLE POR HORA DE VUELO DE LAS AERONAVES MILITARES DE LOS ESTADOS UNIDOS EN OPERACIONES DE ENTRENAMIENTO EN TIEMPO DE PAZ</b>		
<b>Tipo de aeronave</b>	<b>Descripción de la aeronave</b>	<b>Uso de combustible (litros por hora)</b>
A-10A	Bombardero bimotor ligero	<b>2 331</b>
B-1B	Bombardero estratégico cuatrimotor de largo alcance. Usado solamente por los EE.UU.	<b>13 959</b>
B-52H	Bombardero estratégico de largo alcance de ocho motores. Usado solamente por los EE.UU.	<b>12 833</b>
C-12J	Bimotor turbohélice ligero de transporte. Variante del Beech King Air.	<b>398</b>
C-130E	Cuatrimotor turbohélice de transporte. Usado por muchos países.	<b>2 956</b>
C-141B	Cuatrimotor de transporte de largo alcance. Usado solamente por los EE.UU.	<b>7 849</b>
C-5B	Cuatrimotor pesado de transporte de largo alcance. Usado solamente por los EE.UU.	<b>13 473</b>
C-9C	Bimotor de transporte. Variante militar del DC-9.	<b>3 745</b>
E-4B	Cuatrimotor de transporte. Variante militar del Boeing 747.	<b>17 339</b>
F-15D	Caza bimotor.	<b>5 825</b>
F-15E	Cazabombardero bimotor	<b>6 951</b>
F-16C	Caza monomotor. Usado por muchos países.	<b>3 252</b>
KC-10A	Avión cisterna trimotor. Variante militar del DC-10.	<b>10 002</b>
KC-135E	Avión cisterna cuatrimotor. Variante militar del Boeing 707.	<b>7 134</b>
KC-135R	Avión cisterna cuatrimotor con motores más nuevos. Variante del Boeing 707.	<b>6 064</b>
T-37B	Reactor de entrenamiento bimotor.	<b>694</b>
T-38A	Reactor de entrenamiento bimotor. Similar al F-5.	<b>262</b>
<p>Estos datos deben usarse con cautela, ya que las circunstancias nacionales pueden diferir de las que se presumen en este cuadro. En particular, las distancias recorridas y el consumo de combustible pueden verse afectados por las estructuras de las rutas nacionales, la congestión de los aeropuertos y las prácticas de control del tráfico aéreo.</p> <p>Fuente: Organismo de Protección Ambiental de los EE.UU. (USEPA), <i>Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks, 1990-1998</i>, EPA-236-R-00-001 (de próxima publicación, abril de 2000). Datos proporcionados por el Departamento de Defensa de los EE.UU.</p>		

## 2.6 EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DEL CARBÓN

### 2.6.1 Aspectos metodológicos

El proceso geológico de formación del carbón también produce metano (CH<sub>4</sub>), parte del cual queda atrapado en la veta carbonífera hasta que es extraído. Generalmente, las vetas de carbón subterráneas que se encuentran a mayor profundidad contienen más metano *in situ* que las vetas más cercanas a la superficie. Por lo tanto, la mayoría de las emisiones procede de las minas subterráneas profundas. Hay otras emisiones que provienen de las minas a cielo abierto y de las actividades posteriores a la extracción del mineral.

#### 2.6.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En los países productores de carbón que extraen la mayor parte de su carbón de minas subterráneas, en particular mediante operaciones de minería de tajo largo, predominan las emisiones de esta subcategoría de fuentes, por lo que es necesario centrar los esfuerzos en esta parte de la estimación total de las emisiones procedentes del carbón. Sin embargo, cuando la explotación de minas a cielo abierto está muy extendida, como en Australia, las emisiones procedentes de esa actividad también pueden ser significativas. En las figuras 2.9, “Árbol de decisiones aplicable a las actividades de extracción y manipulación del carbón”, a 2.11, “Árbol de decisiones aplicable a las actividades posteriores a la extracción del mineral”, se ofrece orientación para elegir el método más apropiado para todas las fuentes de metano procedente de las minas de carbón. En las *Directrices del IPCC* se propone la siguiente ecuación general para estimar las emisiones:

#### ECUACIÓN 2.12

$$\text{Emisiones} = \text{Producción de carbón (de minas a cielo abierto o subterráneas)} \cdot \text{Factor de emisión}$$

El método de nivel 2 usa factores de emisión específicos de un país o de una cuenca que reflejan el contenido medio de metano del carbón que efectivamente se extrae. En el método por defecto de nivel 1, los países deben elegir dentro de un rango medio mundial de factores de emisión, y en consecuencia los resultados son más inciertos. En el caso de las minas subterráneas, puede haber datos obtenidos mediante mediciones reales. El uso de datos de mediciones se considera en general un método de nivel 3, aunque no se describe específicamente como tal en el capítulo de las *Directrices del IPCC* que se refiere al carbón.

El total de las emisiones anuales se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

#### ECUACIÓN 2.13

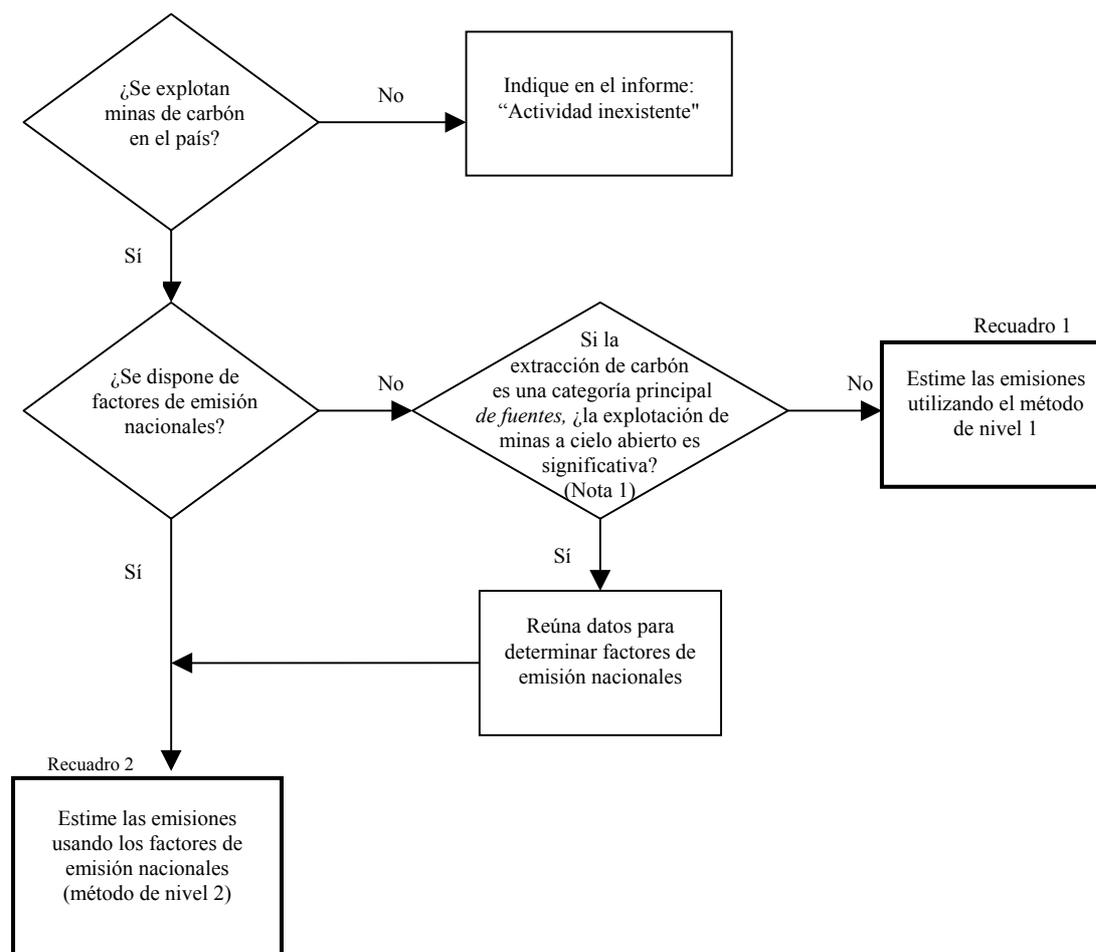
$$\text{Total de emisiones} = \text{Emisiones de las minas subterráneas} + \text{Emisiones de la minas a cielo abierto} + \text{Emisiones posteriores a la extracción del mineral} - \text{Metano recuperado y utilizado o quemado en antorcha}$$

### MINAS SUBTERRÁNEAS

Las emisiones de las minas subterráneas provienen de los sistemas de ventilación y de los sistemas de desgasificación. Los sistemas de ventilación son un requisito de seguridad en las minas subterráneas y diluyen la concentración ambiental de metano en el aire de la mina hasta ubicarla por debajo del nivel considerado peligroso, al insuflar en la mina aire proveniente de la superficie. Los sistemas de desgasificación son pozos que se perforan antes, durante y después de la extracción del mineral para vaciar de metano la propia veta carbonífera.

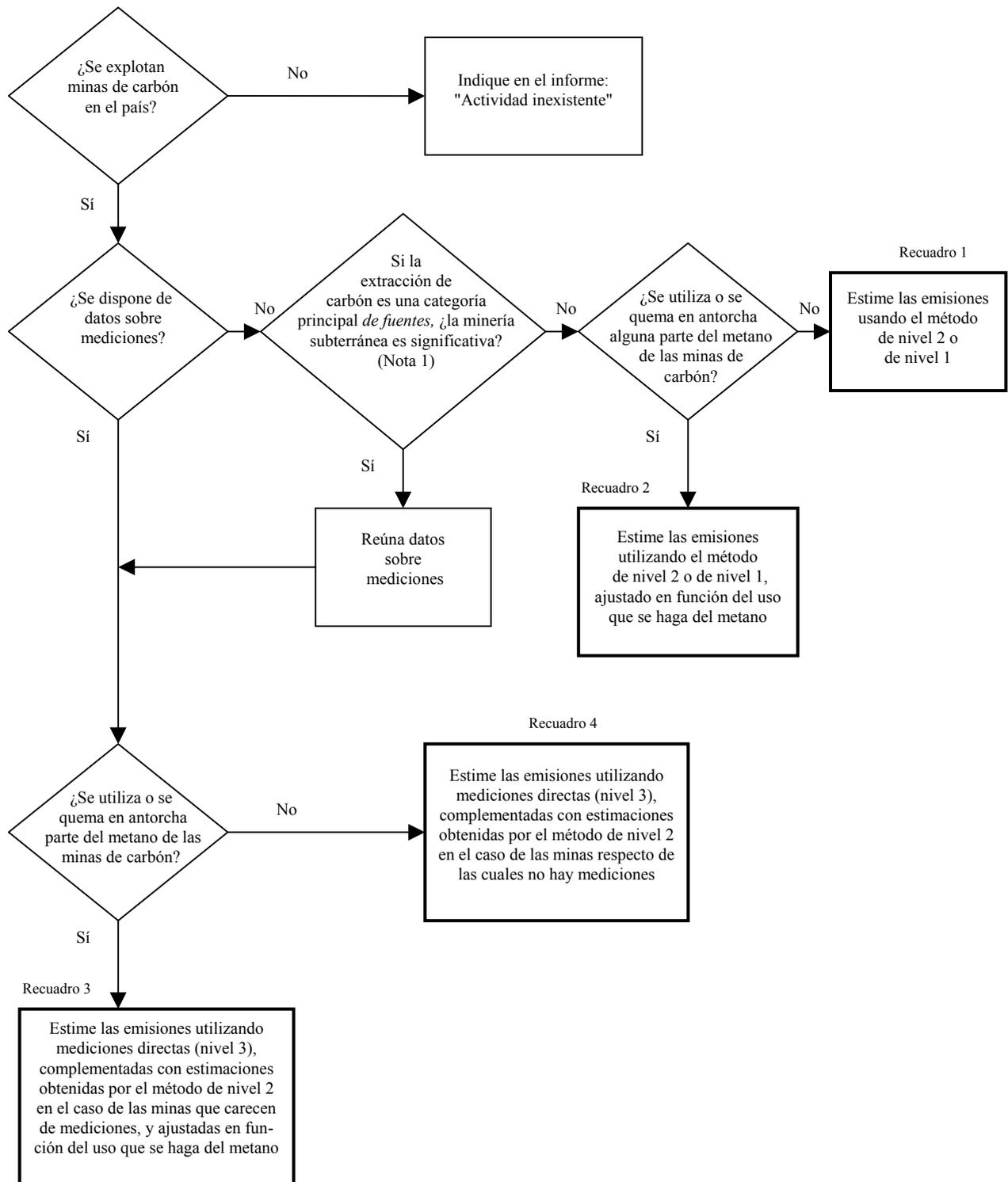
En el caso de los países que explotan minas subterráneas, es una *buena práctica* reunir datos por el método de nivel 3 si, por razones de seguridad, se dispone de datos de medición específicos de cada mina. Esta clase de datos, que se basan en las mediciones del aire de ventilación y en las mediciones del sistema de desgasificación, reflejan las emisiones reales de cada mina, y en consecuencia permiten hacer una estimación más exacta que los factores de emisión. Ello se debe a la variabilidad del contenido de gas *in situ* del carbón y de su entorno geológico. Como las emisiones varían mucho a lo largo de un año, es una *buena práctica* reunir datos sobre mediciones realizadas por lo menos cada dos semanas, para atenuar las variaciones. Si se hicieran mediciones diarias, se obtendría una estimación de mayor calidad. La vigilancia continua de las emisiones representa la etapa más avanzada de la vigilancia de las emisiones, y se lleva a cabo en algunas minas de tajo largo modernas, aunque no necesariamente por razones de *buena práctica*.

**Figura 2.9** Árbol de decisiones aplicable a las actividades de extracción y manipulación del carbón



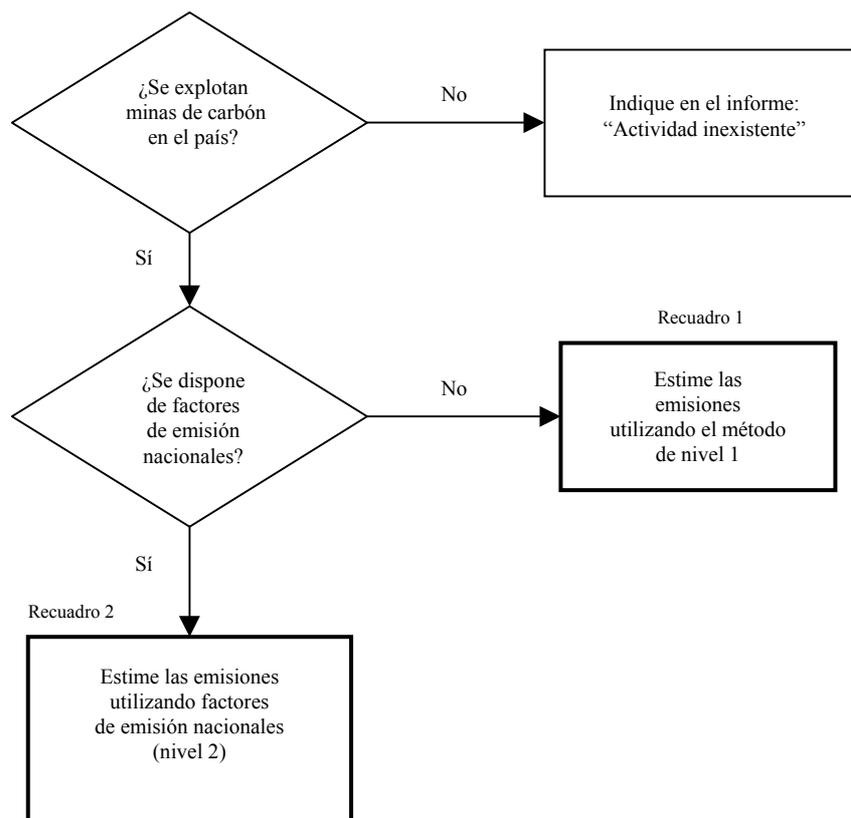
**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

**Figura 2.10** Árbol de decisiones aplicable a las actividades de extracción y manipulación del carbón de minas subterráneas



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

**Figura 2.11** Árbol de decisiones aplicable a las actividades posteriores a la extracción del mineral



Las empresas que explotan las minas de las que se extrae metano mediante sistemas de desgasificación son otra fuente de información a la que debería poder recurrirse para obtener mediciones de alta calidad del metano extraído de esa manera. Si no se dispone de datos detallados sobre las tasas de purga del metano, es una *buena práctica* conseguir datos sobre la eficiencia de los sistemas (es decir, la fracción de gas extraído) o hacer una estimación de esa fracción sobre la base de un rango (p.ej. entre 30% y 50%, que es un rango típico de muchos sistemas de desgasificación). Otra opción sería comparar las condiciones de esas minas con las de otras minas similares respecto de las cuales existan datos. En los casos en que la purga se realiza varios años antes de que comience a explotarse la mina, la recuperación del metano debería contabilizarse en el año de explotación de la veta carbonífera de la que se extrajo el metano. El metano recuperado por los sistemas de desgasificación y expulsado a la atmósfera antes de que comience la explotación minera debería sumarse a la cantidad de metano adicional liberado mediante los sistemas de ventilación, para que la estimación total sea completa. En algunos casos, debido a que los datos del sistema de desgasificación se consideran confidenciales, puede ser necesario estimar la eficiencia del sistema de desgasificación en cuanto al grado de recuperación, y luego descontar las reducciones conocidas para llegar a las emisiones netas del sistema de desgasificación.

Hay otro criterio híbrido que combina el método de nivel 3 con el de nivel 2, que resulta apropiado en situaciones en las que se dispone de datos de mediciones específicas únicamente respecto de un subconjunto de minas subterráneas. Por ejemplo, si solamente las minas con un alto contenido de gas comunican datos, las emisiones de las minas restantes pueden calcularse sobre la base de factores de emisión de nivel 2. Estos factores podrían basarse en tasas específicas de emisión derivadas de los datos de nivel 3 si las minas se encuentran en la misma cuenca que las minas de nivel 3, o sobre la base de propiedades específicas de las minas, como la profundidad media de las minas de carbón.

Puede haber datos completos de cada mina (es decir, datos de nivel 3) respecto de algunos años pero no de todos. Si no ha habido grandes cambios en la población de minas activas, las emisiones pueden estimarse en función de la producción, haciendo un cálculo en escala para los años que falten. Si ha habido cambios en la población de minas, las minas en cuestión pueden eliminarse de la extrapolación en escala y considerarse por separado. Sin embargo, se debe tener cuidado al realizar este cálculo en escala porque el carbón que se extrae, el

carbón virgen que queda expuesto y la zona minera afectada tienen tasas de emisión diferentes. Además, las minas pueden tener un alto nivel de emisión natural, que es independiente de la producción.

Cuando no se dispone de datos desglosados por mina, los organismos encargados de los inventarios deben emplear el método de nivel 2 (factores de emisión específicos del país o la cuenca de que se trate). En el caso de algunos países puede ser necesario separar la producción minera en dos grupos: la producción de las minas más grandes (nivel 2) y la de las minas independientes más pequeñas (nivel 1), si las minas más pequeñas muestran tendencias de emisión de metano significativamente diferentes (p.ej. vetas carboníferas menos profundas).

## MINAS A CIELO ABIERTO

Si no es posible reunir datos sobre mediciones de nivel 3 respecto de cada mina, la alternativa es reunir datos sobre la producción de las minas a cielo abierto y aplicar factores de emisión. En el caso de los países que tienen una importante producción de carbón y numerosas cuencas carboníferas, la desagregación a nivel de cuencas aumentará la exactitud. En vista de la incertidumbre que rodea a los factores de emisión basados en la producción, si en lugar de éstos se utilizan factores de emisión comprendidos en la gama de factores de emisión indicados en las *Directrices del IPCC* se puede obtener una estimación razonable.

## ACTIVIDADES POSTERIORES A LA EXTRACCIÓN DEL MINERAL

El metano existente en el carbón aun después de que éste ha sido extraído se escapará en definitiva a la atmósfera. Sin embargo, como no es posible medir las emisiones posteriores a la extracción del mineral, es preciso utilizar un método basado en factores de emisión. Los métodos de nivel 2 y nivel 1 que se describen en las *Directrices del IPCC* constituyen un criterio de estimación razonable en lo que respecta a esta fuente, habida cuenta de la dificultad que existe para obtener mejores datos.

## RECUPERACIÓN DE METANO PARA SU UTILIZACIÓN O QUEMA EN ANTORCHA

Si se extrae metano de las vetas carboníferas y posteriormente se quema en antorcha o se utiliza como combustible, es una *buena práctica* restar esa cantidad de la estimación total de las emisiones. (Las emisiones procedentes de la combustión del metano recuperado deberían contabilizarse debidamente en la sección de combustión). Cuando no es posible obtener datos sobre el uso del metano directamente de las empresas de explotación minera, se pueden usar las ventas de gas como dato indirecto. Si no se dispone de datos sobre las ventas de gas, se puede estimar la cantidad de metano utilizado sobre la base de las especificaciones relativas a la eficiencia conocida del sistema de purga.

En algunos países, es una práctica común extraer y utilizar el metano de las capas de carbón muchos años antes de que comience a explotarse una mina. En otros casos se perforan pozos de gas en vetas carboníferas que son demasiado profundas como para que puedan explotarse. Las emisiones fugitivas, hasta el punto de la utilización, deben contabilizarse dentro de las actividades de extracción de carbón. Las emisiones procedentes de las actividades industriales secundarias deben asignarse a la categoría de fuentes que corresponda a la forma de utilización. Cabe citar como ejemplos el petróleo y el gas natural cuando el metano se envía a la red de distribución de gas natural y a los autoprodutores de energía eléctrica cuando se usa para generar electricidad. Téngase presente que cuando se recupera metano de la veta carbonífera sin que exista intención de extraer el carbón, las emisiones quedan comprendidas en la categoría de fuentes del petróleo y el gas natural.

La necesidad o no de corregir la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la extracción de carbón en función de la cantidad de gas liberado dependerá de que:

- el carbón se extraiga unos años más tarde y la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> de ese año se base en factores de emisión medios que no tengan en cuenta la purga de gas en una etapa anterior; en este caso es necesario hacer una corrección con respecto al año en el que se extrajo el carbón;
- el carbón se extraiga unos años más tarde y la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> se base en mediciones directas de las emisiones;
- el carbón no se extraiga nunca (p.ej. debido a que cambiaron los planes o porque nunca se tuvo la intención de extraerlo); en este caso no es necesario hacer correcciones.

La quema en antorcha es otra forma de reducir las emisiones de metano procedentes de las minas de carbón, y se practica en algunas minas de carbón. Los datos sobre la cantidad de metano quemado en antorcha deberían poder obtenerse de las empresas de explotación minera con la misma frecuencia que las mediciones en lo que respecta a las emisiones de las minas subterráneas en general.

## 2.6.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

### MINAS SUBTERRÁNEAS

Nivel 3: El método de nivel 3 no utiliza factores de emisión basados en la producción, sino datos de mediciones reales que dan cuenta de la variabilidad temporal y espacial de las emisiones procedentes de las minas de carbón. Como éste es con creces el método más fiable, los organismos encargados de los inventarios deben hacer todo lo posible por reunir esos datos si la minería subterránea es una *subcategoría principal de fuentes*.

Nivel 2: Es posible calcular factores de emisión específicos de un país sobre la base de datos relativos a muestras de aire de ventilación, o teniendo en cuenta una relación cuantitativa que refleje el contenido de gas de la veta carbonífera y de los estratos circundantes afectados por el proceso de extracción del mineral. En una operación de tajo largo típica, la cantidad de gas liberado proviene del carbón que se extrae y de los estratos que contengan carbón y cualquier otro gas y que estén ubicados 150 m por encima y 50 m por debajo de la veta explotada. Cuando se use este tipo de relaciones a los efectos de los cálculos, deberán ser revisadas por especialistas en la materia y documentarse debidamente.

Nivel 1: Los organismos a cargo de los inventarios que elijan factores de emisión comprendidos dentro del rango sugerido (de 10 a 25 m<sup>3</sup>/tonelada métrica) en la metodología de nivel 1, deberán tener en cuenta variables específicas del país, como la profundidad de las vetas carboníferas más importantes. En vista de que el contenido de gas del carbón suele aumentar con la profundidad, deberá elegirse el extremo inferior del rango para las minas de una profundidad media de menos de 200 m, mientras que para las minas que tengan una profundidad superior a los 400 m corresponderá aplicar los valores más altos. Para las minas de profundidades intermedias podrán elegirse los valores intermedios.

### MINAS A CIELO ABIERTO

Hay pocas mediciones de las emisiones de metano procedentes de las minas a cielo abierto. Es difícil y costoso llevarlas a cabo y actualmente no se dispone de métodos de rutina. Los datos sobre el contenido de gas existente *in situ* antes de la remoción del terreno de recubrimiento son también muy escasos, y el contenido de gas del carbón recién expuesto suele ser cercano a cero. Deberán utilizarse los datos locales sobre las emisiones siempre que se disponga de ellos.

Cuando se aplica el método de nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor inferior del rango de emisiones específico de las minas en las que el terreno de recubrimiento tenga una profundidad media de menos de 25 m, y el valor superior cuando dicho terreno tenga una profundidad de más de 50 metros. En el caso de profundidades intermedias, podrán usarse los valores intermedios de los factores de emisión. A falta de datos sobre el espesor del terreno de recubrimiento, es una *buena práctica* usar un factor de emisión cercano al extremo superior del rango, que es de 1,5 m<sup>3</sup>/tonelada métrica.

### EMISIONES POSTERIORES A LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN – MINAS SUBTERRÁNEAS

Las mediciones que se han hecho del carbón en el momento en que éste sale por cinta transportadora de una mina que no ha sido sometida a un proceso de desgasificación anterior a su explotación indican que entre el 25% y el 40% del gas *in situ* sigue estando dentro del carbón (Williams y Saghafi, 1993). En el caso de las minas que practican la purga previa, la cantidad de gas presente en el carbón se habrá reducido en una cantidad desconocida.

En el caso de las minas que no hacen una purga previa, pero que conocen el contenido de gas *in situ*, es razonable fijar el factor de emisión posterior a la extracción del carbón en el 30% de su valor. Con respecto a las minas que realizan una purga previa, se sugiere utilizar un factor de emisión del 10% del contenido de gas *in situ*. Cuando no hay datos sobre el contenido de gas *in situ*, o en los casos en que se practica la purga previa pero sin que se sepa en qué proporción, es un criterio razonable aumentar el total de las emisiones subterráneas en un 3% (Williams y otros, 1993; Riemer, 1999).

### EMISIONES POSTERIORES A LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN – MINAS A CIELO ABIERTO

A menos que existan datos que indiquen lo contrario, se presume que las emisiones de esta subcategoría de fuentes son insignificantes, ya que el contenido de gas del carbón de las minas a cielo abierto suele ser muy bajo. Puede considerarse que las emisiones están incluidas dentro del factor de emisión de las minas a cielo abierto.

### 2.6.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

A efectos de aplicar el método de nivel 3, no es necesario contar con datos sobre la producción de carbón porque se dispone de mediciones reales. Sin embargo, es una *buena práctica* reunir y comunicar esos datos para demostrar la relación que existe anualmente entre la producción de carbón de las minas subterráneas y las emisiones reales, en caso de que exista tal relación.

Los datos de actividad que se utilizan en los métodos de nivel 1 y 2 son la producción de carbón. Es probable que las empresas de explotación minera sepan más acerca de la producción de carbón que de las emisiones de metano, pero los organismos encargados de los inventarios deben tener en cuenta la forma en que se reúne la información. Por ejemplo, si se usan datos sobre la producción de carbón depurado en lugar de datos sobre la producción de carbón en bruto, la estimación final de las emisiones cambiará, ya que los factores de emisión se expresan en metros cúbicos por tonelada métrica. El contenido de humedad variable es otro aspecto importante.

Se recomienda utilizar datos sobre la producción de carbón en bruto, si se dispone de ellos. Cuando el carbón no se envía a una planta de preparación de carbón o lavadero de carbón (utilizada para mejorar el carbón en bruto tal como sale de la mina ("run of mine"), extrayendo parte de la materia mineral), la producción de carbón en bruto equivale a la cantidad de carbón vendible.

Cuando el carbón se somete a un proceso de mejoramiento, parte del carbón se descarta en forma de desechos gruesos que tienen un alto contenido de materia mineral, y también en forma de desechos finos no recuperables. La cantidad de desechos suele ser de aproximadamente 20% del peso de la carga de carbón en bruto, pero puede variar considerablemente de un país a otro. Cuando los datos de actividad se refieren al carbón vendible, se debe tratar de determinar la cantidad de producción que se lava. Luego se estima la producción de carbón en bruto sumando a la cantidad de "carbón vendible" la fracción que se haya perdido en el proceso de lavado.

Otro criterio que puede ser más apropiado para las minas cuya producción de carbón en bruto contenga rocas del techo o del piso de la mina como parte deliberada del proceso de extracción consiste en utilizar datos sobre el carbón vendible, siempre que los factores de emisión utilizados se refieran al carbón depurado, no al carbón en bruto. Esta circunstancia deberá consignarse en el inventario.

### 2.6.1.4 EXHAUSTIVIDAD

#### MINAS SUBTERRÁNEAS

La estimación de las emisiones procedentes de las minas subterráneas deberá incluir tanto los sistemas de ventilación como los sistemas de desgasificación cuando ambos estén presentes.

#### MINAS ABANDONADAS

Actualmente no existe ningún método para estimar las emisiones procedentes de esta subcategoría de fuentes. En el caso de las minas que están inundadas, es probable que se puedan evitar las emisiones, pero en las minas que están selladas en forma mecánica es previsible que se produzcan algunas fugas. Es una *buena práctica* registrar la fecha de cierre de la mina y el método de sellado. Los datos sobre el tamaño y la profundidad de estas minas serán de utilidad para cualquier estimación que se haga con posterioridad al cierre.

#### CO<sub>2</sub> EN EL GAS DE LAS VETAS CARBONÍFERAS

Los países que tienen volúmenes importantes de CO<sub>2</sub> en el gas de sus vetas de carbón deben hacer lo posible para evaluar o cuantificar esas emisiones.

#### QUEMA DE CARBÓN, COMBUSTIÓN Y OXIDACIÓN DEL CARBÓN DE DESECHO Y OTROS MATERIALES CARBONÁCEOS (CO<sub>2</sub>)

El IPCC reconoce que hay emisiones procedentes de estas subcategorías de fuentes, pero no propone métodos para calcularlas. Estas emisiones pueden ser importantes, pero son muy difíciles de estimar.

### 2.6.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En los casos en que un organismo encargado de preparar un inventario pasa de un método de nivel 1 a un método de nivel 2 o de nivel 3, puede ser necesario calcular los factores de emisión implícitos respecto de varios años con datos de mediciones, y aplicar esos factores de emisión a la producción de carbón en los años respecto de los cuales no existan esos datos. Es importante tener en cuenta si la composición de la población (o universo estadístico) de minas ha cambiado radicalmente durante el período intermedio, porque esto podría introducir incertidumbre. En el caso de las minas que han estado abandonadas desde 1990, puede no haber datos archivados si la empresa ha desaparecido. Estas minas deben considerarse por separado cuando se ajuste la serie temporal, para garantizar la coherencia. Si se desea orientación sobre las *buenas prácticas* tendientes a garantizar la coherencia de una serie temporal, véase el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

### 2.6.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

#### EMISIONES

##### Nivel 3

Las emisiones de metano de las minas subterráneas tienen una variabilidad natural considerable. Las mediciones al azar del [CH<sub>4</sub>] (los paréntesis rectos indican concentración) existente en el aire de ventilación son probablemente exactas en  $\pm 20\%$ , dependiendo del equipo utilizado. Los datos de la serie temporal o la repetición de las mediciones reducen significativamente la incertidumbre de las emisiones anuales a  $\pm 5\%$  en el caso de la vigilancia continua, y de 10% a 15% cuando las mediciones se hacen cada dos semanas<sup>22</sup>. Las corrientes de aire de ventilación se suelen conocer con bastante exactitud ( $\pm 2\%$ ).

Las mediciones al azar del [CH<sub>4</sub>] en el gas extraído (sistemas de desgasificación) tienen probablemente una exactitud de  $\pm 2\%$  debido a su mayor concentración. Las mediciones deben hacerse con una frecuencia comparable a las del aire de ventilación, para obtener un muestreo representativo. Las corrientes de desgasificación se conocen probablemente con una exactitud de  $\pm 5\%$ . Las corrientes de desgasificación basadas en las ventas de gas también tienen probablemente una incertidumbre de por lo menos  $\pm 5\%$  debido a la tolerancia en la calidad del gas de tubería.

Como el gas liberado (gas producido) en las actividades de minería de tajo largo puede variar en un factor de dos durante la vida de un panel de tajo largo (un bloque de carbón de 1 a 2 km de largo x 200 m de ancho que se extrae en el transcurso de 6 a 9 meses con una sola máquina de tajo largo), es necesario hacer mediciones frecuentes de las emisiones procedentes de las minas subterráneas. Las mediciones frecuentes también reducen los errores intrínsecos de las técnicas de medición. Las minas que tienen muchas máquinas de tajo largo son menos propensas a esas fluctuaciones tan amplias. También puede haber incertidumbre en cuanto al uso del gas metano extraído varios años antes de que se explote la veta carbonífera que lo contiene.

En una sola operación de minería de tajo largo, con mediciones continuas o diarias de las emisiones, la exactitud de los datos sobre el promedio anual o mensual de las emisiones es probablemente de  $\pm 5\%$ . La exactitud de las mediciones al azar realizadas cada dos semanas es de  $\pm 10\%$ , y la de las realizadas a intervalos de 3 meses es de  $\pm 30\%$ . Si se agregan las emisiones procedentes de las minas que realizan mediciones menos frecuentes, se puede reducir la incertidumbre causada por las fluctuaciones en el gas producido. Sin embargo, como en el total de las emisiones fugitivas suelen predominar las emisiones de apenas un pequeño número de minas, es difícil estimar hasta qué punto disminuye la incertidumbre.

##### Niveles 1 y 2

Si se obtiene un factor de emisión de nivel 2 para actividades de minería subterránea sobre la base de datos de nivel 3, los errores o la incertidumbre de los datos de nivel 3 pueden transmitirse al factor de emisión de nivel 2 derivado de dichos datos. El cuadro siguiente permite tener una idea de las incertidumbres probables:

---

<sup>22</sup> Los rangos de incertidumbre mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

CUADRO 2.14			
INCERTIDUMBRES PROBABLES DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DEL METANO PROCEDENTE DE LAS MINAS DE CARBÓN			
Método	Minas subterráneas	Minas a cielo abierto	Actividades posteriores a la extracción
Nivel 2	±50%-75%	factor de 2	±50%
Nivel 1	factor de 2	factor de 3	factor de 3

Fuente: Dictamen del Grupo de expertos (véase Copresidentes, Editores y Expertos; Emisiones fugitivas procedentes de la extracción y manipulación del carbón).

## DATOS DE ACTIVIDAD

Producción de carbón: Es probable que el tonelaje se conozca con un margen de error de 1% a 2%, pero si no se dispone de datos sobre el carbón en bruto, la incertidumbre aumentará a aproximadamente  $\pm 5\%$ , cuando se haga la conversión de los datos sobre la producción de carbón vendible. Otro aspecto que también influye en los datos es el contenido de humedad, que suele ser de entre 5% y 10% y no puede determinarse con gran exactitud.

Además de la incertidumbre relativa a las mediciones, puede haber otras incertidumbres derivadas de las características de las bases de datos estadísticos que no se han tenido en cuenta en este documento. En los países que tienen minas reguladas y no reguladas, los datos de actividad pueden tener una incertidumbre de  $\pm 10\%$ .

### 2.6.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

A fin de garantizar la transparencia, deberá proporcionarse la siguiente información:

- Las emisiones de componentes de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (según corresponda) procedentes de las minas subterráneas, las minas a cielo abierto y las actividades posteriores a la extracción del mineral; el método utilizado para cada una de las subcategorías de fuentes; el número de minas activas en cada subcategoría de fuentes y los motivos por los cuales se eligieron determinados factores de emisión (p.ej. la profundidad de la mina, los datos sobre el contenido de gas *in situ*, etc.). Deberá indicarse la cantidad de gas extraído y el grado de mitigación o utilización que se haya producido, junto con una descripción de la tecnología utilizada, cuando corresponda.
- Datos de actividad: especifíquese el volumen y el tipo de producción, el carbón extraído de las minas subterráneas y de las minas a cielo abierto, con indicación de los volúmenes de carbón en bruto y carbón vendible cuando se disponga de esa información.
- Cuando se planteen problemas de confidencialidad, no será necesario revelar el nombre de la mina. La mayoría de los países tienen más de tres minas, de manera que no es posible calcular la producción específica de una mina sobre la base de las estimaciones de las emisiones.

### 2.6.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de

los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

### **Comparación de las emisiones por métodos diferentes**

El organismo encargado del inventario deberá comparar las estimaciones de las emisiones fugitivas de metano procedentes de la extracción y manipulación del carbón usando al mismo tiempo métodos de nivel 1 y de nivel 2. Si se dispone de mediciones directas, éstas deberán compararse también con las estimaciones de nivel 1 y 2. Cuando existan grandes discrepancias entre las estimaciones de las emisiones, deberán investigarse y explicarse. Los resultados de estas comparaciones deberán registrarse como parte de la documentación interna.

### **Revisión de las mediciones directas de las emisiones**

Si se usan mediciones directas para calcular factores de emisión específicos de un país, deberá determinarse si las mediciones en los distintos sitios se hicieron de acuerdo con métodos uniformes reconocidos a nivel internacional. Si las prácticas de medición no se ajustan a este criterio, entonces se deberá evaluar cuidadosamente el uso de esos datos sobre las emisiones, reconsiderar las estimaciones de la incertidumbre y documentar las calificaciones. Los órganos reguladores suelen exigir mediciones frecuentes. A falta de una reglamentación en tal sentido, las mediciones deberán hacerse con suficiente frecuencia (semanalmente si es posible), ya que las tasas de emisión pueden variar considerablemente a lo largo del año.

### **Examen de los factores de emisión**

El organismo encargado del inventario deberá comparar los factores basados en las mediciones con los factores por defecto del IPCC y con los factores calculados por otros países con características similares en cuanto a la extracción y manipulación del carbón. Deberá hacerse referencia directa en la documentación a la labor de GC/CC vinculada a los datos originales.

Si se utilizan los factores por defecto del IPCC, el organismo encargado del inventario deberá asegurarse de que sean pertinentes y aplicables a la categoría. Cuando sea posible, se compararán los factores por defecto del IPCC con los factores nacionales o locales para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

### **Examen de los datos de actividad**

El organismo encargado del inventario deberá asegurarse de que los datos reflejen la producción de carbón en bruto. Siempre que sea posible, se deberán comparar los datos con datos de actividad históricos, para detectar cualquier anomalía, y comparar los datos de actividad entre múltiples referencias (p.ej. estadísticas nacionales y datos a nivel de las plantas). A fin de comprobar que exista uniformidad en la utilización del metano, se podrán confrontar los datos con las ventas de gas o electricidad.

### **Revisión externa**

El organismo encargado del inventario deberá disponer que se realice un examen independiente y objetivo de los cálculos, los supuestos y/o la documentación del inventario de emisiones para evaluar la eficacia del programa de CC. Es conveniente que la revisión por especialistas sea realizada por uno o más expertos que estén familiarizados con la categoría de fuentes y que comprendan los requisitos del inventario.

## 2.7 EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL

### 2.7.1 Aspectos metodológicos

Las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas natural abarcan todas las emisiones provenientes de la exploración, la producción, el elaboración, el transporte y el uso de petróleo y gas natural, y de la combustión no productiva (p.ej. la quema en antorcha y la incineración de gas de desecho). No incluye el uso de petróleo y gas o de productos derivados de éstos para suministrar energía para uso interno en las actividades de producción, elaboración y transporte de energía. Dicho uso se considera consumo de combustible y se aborda por separado en las *Directrices del IPCC* (secciones 1.3 a 1.5).

Las emisiones fugitivas de metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de las actividades de petróleo y gas natural son una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero directo e indirecto en muchos países. Lamentablemente, es muy difícil cuantificar estas emisiones con exactitud. Ello se debe en gran parte a la diversidad de esta industria, al gran número y variedad de fuentes de emisiones potenciales, a las amplias variaciones en el nivel de reducción de las emisiones, y a la escasa disponibilidad de datos sobre las fuentes de emisiones. Los principales problemas que se plantean al evaluar las emisiones son los siguientes:

- El uso de factores de emisión simples basados en la producción introduce un margen de error excesivo;
- La aplicación de métodos rigurosos de abajo hacia arriba exige conocimientos especializados y datos detallados que puede ser difícil y costoso obtener;
- La ejecución de programas de medición requiere mucho tiempo y es muy costosa.

Si se elige un método riguroso de abajo hacia arriba, entonces es una *buena práctica* hacer que participen en la preparación del inventario técnicos que representen a la industria.

#### 2.7.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

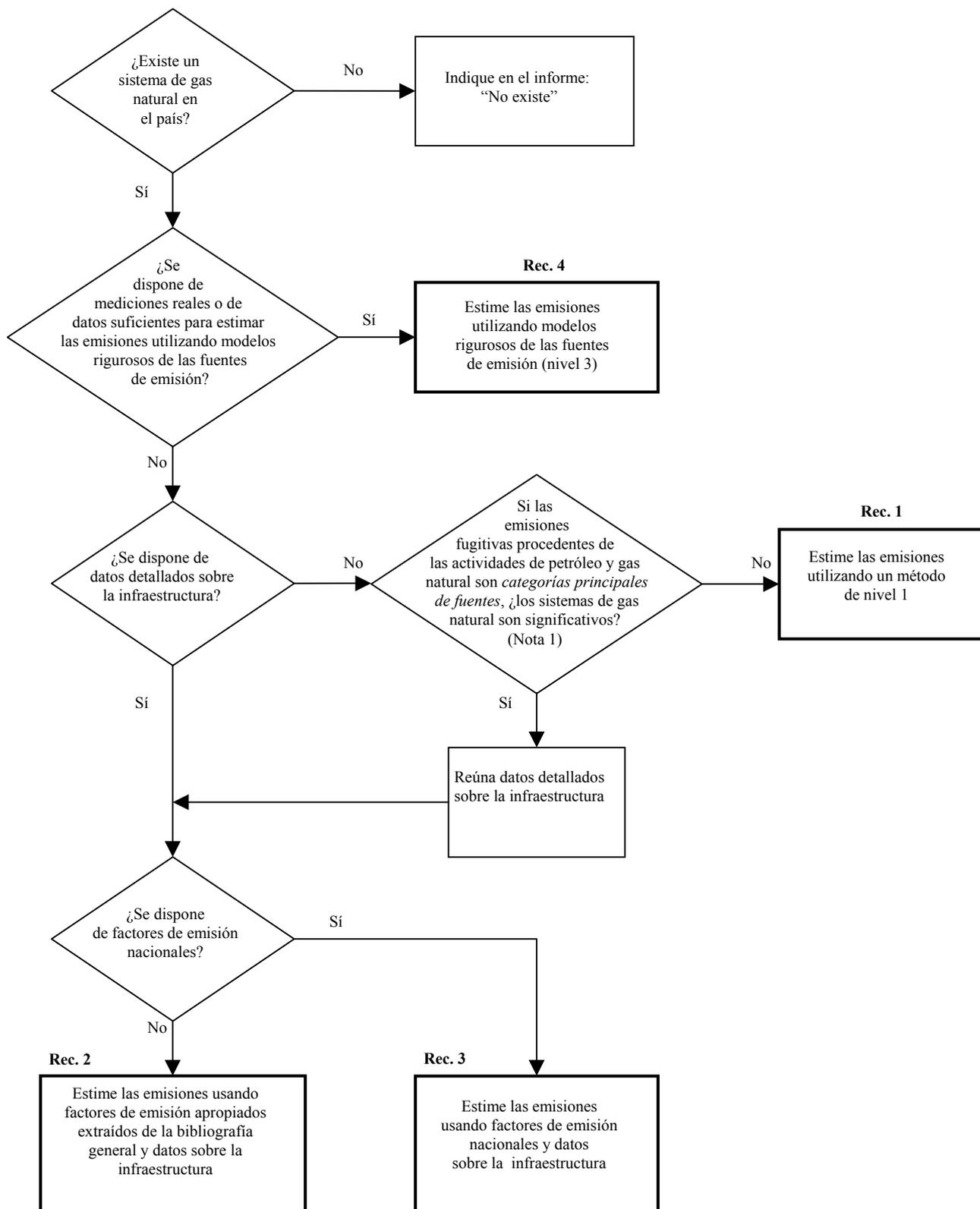
Las *Directrices del IPCC* describen dos métodos para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes tanto de la industria del petróleo como de la del gas (denominados métodos de nivel 1 y de nivel 3), y un método adicional (denominado método de nivel 2) para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes únicamente de los sistemas petroleros. El método de nivel 3 es una evaluación rigurosa específica de cada fuente, que requiere inventarios detallados de la infraestructura, y factores de emisión detallados de abajo hacia arriba. El método de nivel 2 aplicado a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la industria del petróleo se basa en una estimación del balance de masas de la cantidad máxima de CH<sub>4</sub> que podría emitirse. El método de nivel 1 utiliza factores de emisión agregados basados en la producción y datos sobre la producción nacional<sup>23</sup>.

Es una *buena práctica* desagregar la industria en los segmentos y subcategorías aplicables indicados en el cuadro 2.15, "Categorías y subcategorías principales de la industria del petróleo y el gas", y luego evaluar por separado las emisiones correspondientes a cada una de esas categorías y subcategorías. El método que se utilice para estimar las emisiones de cada segmento deberá estar de acuerdo con el nivel de emisiones y los recursos disponibles. En consecuencia, puede ser conveniente aplicar métodos diferentes a los distintos sectores de la industria, y posiblemente incluso prever alguna medida de vigilancia directa de las fuentes de emisión. Con el tiempo, el método general se irá afinando progresivamente, para solucionar los aspectos que tienen una mayor incertidumbre y trascendencia, y captar los efectos de las medidas específicas de reducción de las emisiones.

En la figura 2.12 puede verse un árbol general de decisiones aplicable a los sistemas de gas natural, que permite seleccionar un método apropiado para un determinado segmento del sistema de gas natural. De manera similar, las figuras 2.13 y 2.14 se aplican a los sistemas de producción y transporte de petróleo, y a las plantas de mejoramiento de petróleo y refinerías, respectivamente.

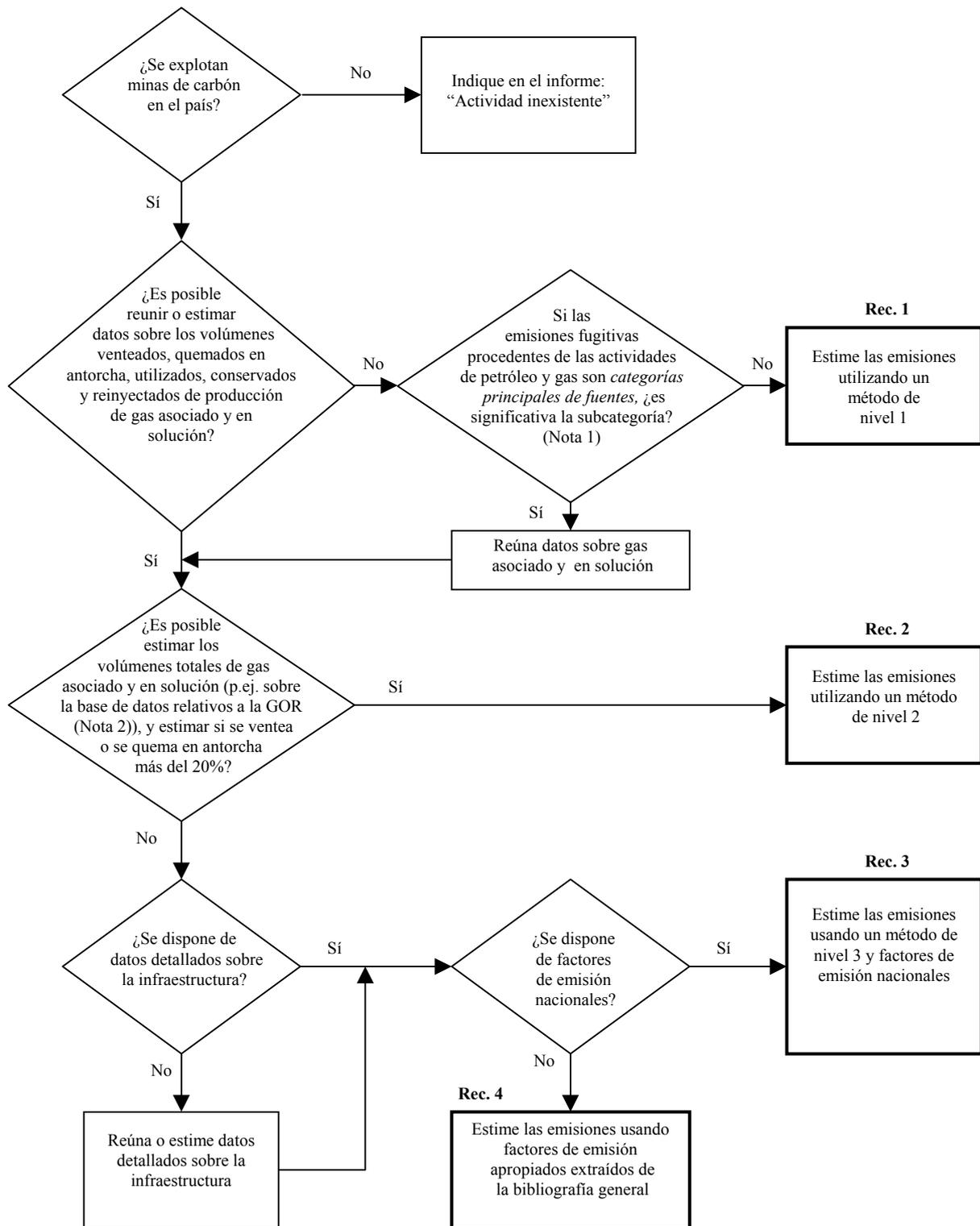
<sup>23</sup> En las *Directrices del IPCC* no se prevé un método de nivel 2 para los sistemas de gas natural.

**Figura 2.12** **Árbol de decisiones aplicable a los sistemas de gas natural**



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

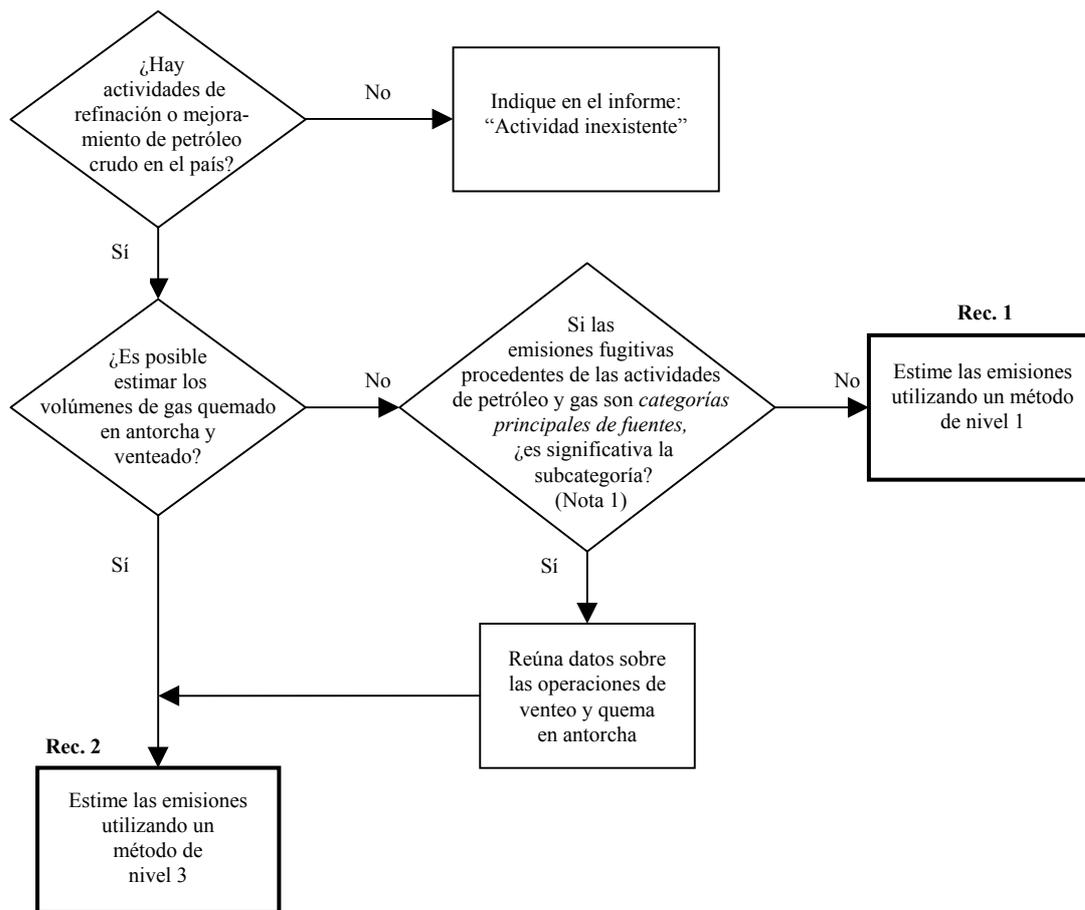
**Figura 2.13** Árbol de decisiones aplicable a la producción y el transporte de petróleo crudo



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

**Nota 2:** GOR significa relación gas/petróleo.

**Figura 2.14** Árbol de decisiones aplicable a las actividades de refinación y mejoramiento de petróleo crudo



**Nota 1:** Una *categoría principal de fuentes* es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

<b>CUADRO 2.15</b>	
<b>CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS PRINCIPALES DE LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y EL GAS</b>	
<b>Segmento de la industria</b>	<b>Subcategorías</b>
Pozos	Perforación Ensayos Mantenimiento
Producción de gas	Gas seco <sup>a</sup> Gas dulce <sup>b</sup> Gas amargo <sup>c</sup>
Elaboración del gas	Plantas de gas dulce Plantas de gas amargo Plantas de extracción profunda
Transporte y almacenamiento del gas	Red de tuberías Instalaciones de almacenamiento
Distribución del gas	Distribución rural Distribución urbana
Transporte de gases licuados	Condensado Gas de petróleo licuado (GPL) Gas natural licuado (GNL) (incluidas las instalaciones conexas de licuado y gasificación)
Producción de petróleo	Petróleo convencional Petróleo pesado (producción primaria) Petróleo pesado (producción avanzada) Asfalto crudo Petróleo crudo sintético (de arenas bituminosas) Petróleo crudo sintético (de esquistos bituminosos)
Mejoramiento del petróleo	Asfalto crudo Petróleo pesado
Regeneración de aceites de desecho	Ninguna
Transporte de petróleo	Por mar Por tuberías En camiones cisterna y trenes automotores
Refinación de petróleo	Petróleo pesado Petróleo crudo convencional y sintético
<p><sup>a</sup> El gas seco es un gas natural que no requiere ningún tipo de control del punto de rocío de los hidrocarburos para cumplir con las especificaciones del gas destinado a la venta. Sin embargo, puede requerir algún tratamiento para cumplir con las especificaciones de venta en cuanto al contenido de agua y gas ácido (es decir, H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>). El gas seco se extrae generalmente de pozos de gas poco profundos (menos de 1000 m de profundidad).</p> <p><sup>b</sup> El gas dulce es un gas natural que no contiene ninguna cantidad apreciable de H<sub>2</sub>S (es decir que no requiere ningún tratamiento para poder cumplir los requisitos de venta del gas en cuanto a su contenido de H<sub>2</sub>S).</p> <p><sup>c</sup> El gas amargo es un gas natural que debe ser tratado para cumplir las restricciones de venta del gas en cuanto a su contenido de H<sub>2</sub>S.</p>	

Es una *buena práctica* utilizar el método de nivel 3, que es el que permite obtener la estimación más exacta de las emisiones. Sin embargo, la posibilidad de utilizar un método de nivel 3 dependerá de que se disponga de estadísticas detalladas sobre la producción y datos de la infraestructura, y puede no ser posible aplicarlo en todas las circunstancias. El método de nivel 2 (balance de masas) se aplica principalmente a los sistemas de petróleo en los que la mayor parte de la producción de gas asociado y gas en solución se ventea o se quema en antorcha. Si bien es mucho menos fiable cuando se aplica a sistemas de petróleo con mecanismos de conservación del gas, o a sistemas de gas, el método del balance bruto de masas basado en estadísticas de la producción nacional puede a veces ofrecer un mayor grado de confianza que el que ofrece el método de nivel 1. En esos casos, la cifra correspondiente al balance neto (es decir, las pérdidas no contabilizadas) puede ser comparable al total de emisiones fugitivas procedentes de las fuentes que no tienen sistemas de venteo o quema en antorcha. El método de nivel 1 puede estar sujeto a un grado considerable de incertidumbre y puede caer fácilmente en errores de un orden de magnitud o más. Por este motivo, sólo debería utilizarse como último recurso.

### 2.7.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Las *Directrices del IPCC* no proporcionan factores de emisión para realizar evaluaciones de nivel 2 y nivel 3 debido a la gran cantidad de información de ese tipo que existe. Además, estos datos se actualizan continuamente a fin de incluir los resultados de las nuevas mediciones y reflejar la evolución y la introducción de nuevas tecnologías y exigencias de reducción de la contaminación. Se deberá consultar regularmente la bibliografía para garantizar que se utilicen los mejores factores disponibles, y documentar claramente las referencias de los valores elegidos. Los factores de emisión son calculados y publicados generalmente por organismos relacionados con el medio ambiente y asociaciones industriales, por lo que es necesario preparar las estimaciones de los inventarios en consulta con esas entidades.

Los factores de emisión seleccionados deben ser válidos para la aplicación de que se trate y expresarse en los mismos términos que los datos de actividad. También puede ser necesario aplicar otros tipos de factores para introducir correcciones en función de las diferencias locales y regionales en las condiciones de funcionamiento y las prácticas de diseño y mantenimiento, como por ejemplo:

- la composición de los gases de determinados yacimientos de petróleo y gas para corregir las estimaciones en función de la cantidad de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> bruto y otros contaminantes de interés que estén presentes en las emisiones;
- las horas de funcionamiento anuales para corregir las estimaciones en función del tiempo durante el cual una fuente está en servicio activo;
- la eficiencia de las medidas específicas de reducción de las emisiones.

A continuación se mencionan otros aspectos que también es preciso tener en cuenta a la hora de elegir los factores de emisión:

- Es importante evaluar la aplicabilidad de los factores seleccionados para la aplicación de que se trate, a fin de asegurar que el comportamiento y las características de las fuentes sean similares o comparables;
- A falta de mejores datos, a veces puede ser necesario aplicar factores declarados por otras regiones que tienen niveles similares de reducción de las emisiones y utilizan equipos comparables;
- Cuando se realizan mediciones para calcular factores de emisión nuevos, sólo deberán aplicarse procedimientos de ensayo reconocidos o fundamentados. El método y los procedimientos de garantía de la calidad (GC) y control de calidad (CC) deberán documentarse, las fuentes incluidas en la muestra deberán ser representativas de las variaciones típicas de toda la población de fuentes, y deberá realizarse un análisis estadístico para establecer el intervalo de confianza de 95% en el promedio de los resultados.

En el cuadro 2.16, "Factores de emisión de nivel 1 afinados correspondientes a las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas, basados en datos de América del Norte", se indican nuevos factores de emisión de nivel 1. Si bien continúan siendo un medio simplificado de estimar las emisiones fugitivas, los nuevos factores permiten aumentar la correlación existente entre las emisiones y los datos de actividad normalmente disponibles, y cabe esperar que limiten las incertidumbres a no más de un orden de magnitud. Esa mayor correlación se logra mediante una mayor desagregación de la industria y, en muchos casos, mediante la adopción de parámetros de actividad diferentes. Por ejemplo, las emisiones fugitivas de los sistemas de transporte y distribución de gas no están muy relacionadas con el volumen, pero guardan una mayor relación con la longitud del gasoducto.

Los nuevos factores se derivan de los resultados detallados de los inventarios de emisiones del Canadá y los Estados Unidos, y se presentan como ejemplos. Sin perjuicio de ello, estos valores pueden aplicarse a otras

regiones fuera de América del Norte que tengan niveles similares de reducción de las emisiones y utilicen equipos de características y calidad comparables. Aunque existan incluso diferencias regionales moderadas, los nuevos factores pueden de todos modos generar resultados más fiables que los obtenidos con los factores que figuran en las *Directrices del IPCC*. Sin embargo, es una *buena práctica* tener en cuenta los efectos de las diferencias regionales antes de adoptar un conjunto determinado de factores. A falta de datos sobre un determinado segmento de la industria, o sobre un sector en el que las condiciones imperantes en los Estados Unidos y el Canadá no sean representativas, deberán utilizarse los factores de emisión indicados en el cuadro 1-57, "Resumen de los factores de emisión de metano", y el cuadro 1-58, "Valores revisados de los factores de emisión regionales del metano procedente de las actividades de petróleo y gas", del Manual de Referencia de las *Directrices del IPCC*.

En general, los factores calculados reflejan las prácticas y el estado de la industria del petróleo y el gas que se describen a continuación:

- La mayor parte del gas asociado se conserva;
- El gas dulce de desecho se ventea;
- El gas amargo de desecho se quema en antorcha;
- Muchas empresas transportadoras de gas están aplicando voluntariamente medidas de reducción de las pérdidas de metano debidas a las fugas de los equipos;
- La industria del petróleo y el gas es una industria madura y de hecho se encuentra en un proceso de declinación en muchos aspectos;
- El sistema es altamente fiable;
- El equipo está en general bien mantenido y se utilizan componentes de alta calidad;
- Es muy raro que se produzcan roturas en las líneas o explosiones de pozos;
- La industria está muy regulada y en general la reglamentación se hace cumplir.

CUADRO 2.16						
FACTORES DE EMISIÓN DE NIVEL 1 AFINADOS CORRESPONDIENTES A LAS EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS, BASADOS EN DATOS DE AMÉRICA DEL NORTE						
Categoría	Subcategoría	Tipo de emisiones	Factor de emisión por defecto <sup>a,b</sup>			Unidades de medida
			CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	
Pozos	Perforación	Todas <sup>c</sup>	4.3E-07	2.8E-08	0	Gg por número de pozos perforados
	Ensayos	Todas	2.7E-04	5.7E-03	6.8E-08	Gg por número de pozos perforados
	Mantenimiento	Todas	6.4E-05	4.8E-07	0	Gg/año por número de pozos en producción y pozos capaces de producir
Producción de gas	Todas	Fugitivas <sup>d</sup>	2.6E-03 a 2.9E-03	9.5E-05	0	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas producido
		Quema en antorcha <sup>e</sup>	1.1E-05	1.8E-03	2.1E-08	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas producido
Elaboración de gas	Plantas de gas dulce	Fugitivas	6.9E-04 a 10.7E-04	2.7E-05	0	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
		Quema en antorcha	1.3E-05	2.1E-03	2.5E-08	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
	Plantas de gas amargo	Fugitivas	2.1E-04	2.9E-05	0	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
		Quema en antorcha	2.9E-05	4.6E-03	5.4E-08	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
		Venteo de CO <sub>2</sub> bruto	0	7.1E-02	0	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
	Plantas de extracción profunda	Fugitivas	1.0E-05	3.0E-07	0	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
		Quema en antorcha	6.2E-06	9.7E-04	1.2E-08	Gg por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas recibido
Transporte y almacenamiento de gas	Transporte	Fugitivas <sup>f</sup>	2.1E-03 a 2.9E-03	1.6E-05	0	Gg por año y por km de gasoducto
		Venteo <sup>g</sup>	0.8E-03 a 1.2E-03	8.5E-06	0	Gg por año y por km de gasoducto
	Almacenamiento	Todas	4.3E-04 a 42.0E-04	0	0	Gg por año y por 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de gas retirado
Distribución de gas	Todas	Todas	5.2E-04 a 7.1E-04	0	0	Gg por año y por km de tubería de distribución
Transporte de líquidos de gas natural	Condensado	Todas	1.1E-04	7.2E-06	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de condensado y pentano plus
	Gas de petróleo licuado	Todas	0	4.3E-04	2.2E-09	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de GPL
Producción de petróleo	Petróleo convencional	Fugitivas	1.4E-03 a 1.5E-03	2.7E-04	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo convencional producido
		Venteo	6.2E-05 a 270E-05	1.2E-05	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo convencional producido
		Quema en antorcha	0.5E-05 a 27E-05	6.7E-02	6.4E-07	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo convencional producido
	Petróleo pesado	Fugitivas	0.8E-04 a 12E-04	6.7E-06	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo pesado producido
		Venteo	2.1E-02 a 2.7E-02	5.0E-05	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo pesado producido
		Quema en antorcha	0.5E-04 a 2.0E-04	4.9E-02	4.6E-07	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo pesado producido

CUADRO 2.16 (CONTINUACIÓN)						
FACTORES DE EMISIÓN DE NIVEL 1 AFINADOS CORRESPONDIENTES A LAS EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS, BASADOS EN DATOS DE AMÉRICA DEL NORTE						
Categoría	Subcategoría	Tipo de emisiones	Factor de emisión por defecto <sup>a,b</sup>			Unidades de medida
			CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	
Producción de petróleo (continuación)	Asfalto crudo	Fugitivas	1.0E-04	1.2E-04	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de asfalto crudo producido
		Venteo	1.0E-03	1.2E-03	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de asfalto crudo producido
		Quema en antorcha	8.8E-05	2.2E-02	2.4E-07	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de asfalto crudo producido
	Crudo sintético (de arenas bituminosas)	Todas	2.3E-03	0	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de crudo sintético producido a partir de arenas bituminosas
	Crudo sintético (de esquisto bituminoso)	Todas	NA	NA	NA	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de crudo sintético producido a partir de esquisto bituminoso
Mejoramiento del petróleo	Todas	Todas	ND	ND	ND	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo mejorado
Transporte de petróleo	Tuberías	Todas	5.4E-06	4.9E-07	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo transportado por tubería
	Camiones cisterna y trenes automotores	Venteo	2.5E-05	2.3E-06	0	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo transportado en camión cisterna
	Carga de la producción costa afuera en buques cisterna	Venteo	NA <sup>h</sup>	NA <sup>h</sup>	NA <sup>h</sup>	Gg por 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> de petróleo transportado en camión cisterna

NA – No se aplica ND - Indeterminado

<sup>a</sup> Si bien todos los factores de emisión indicados pueden variar sensiblemente de un país a otro, cabe esperar que las diferencias más importantes se observen con respecto al venteo y la quema en antorcha, particularmente en el caso de la producción de petróleo debido a la posibilidad de que existan diferencias significativas en cuanto a la cantidad de gas conservado y utilizado.

<sup>b</sup> La amplitud del rango de valores de las emisiones fugitivas se atribuye principalmente a las diferencias en cuanto a la envergadura de la infraestructura de procesos industriales (p.ej. número y tamaño medio de las instalaciones) por unidad de volumen de gas.

<sup>c</sup> "Todas" significa todas las emisiones fugitivas así como las emisiones procedentes de las operaciones de venteo y quema en antorcha.

<sup>d</sup> "Fugitivas" se refiere a todas las emisiones fugitivas, incluidas las que proceden de fugas de los equipos, pérdidas de las instalaciones de almacenamiento, el uso de gas natural como sistema de alimentación de los aparatos que funcionan con gas (p.ej. circuitos de control de instrumentos, bombas de inyección química, arrancadores de compresores, etc.), y venteo por la columna estática del gas sobrante procedente de los deshidratadores con glicol.

<sup>e</sup> "Quema en antorcha" son las emisiones procedentes de todos los sistemas de quema continua y de emergencia. Las tasas específicas de quema en antorcha pueden variar considerablemente de un país a otro. Si se conoce el volumen real de gas quemado en antorcha, deberá utilizarse ese dato para determinar las emisiones procedentes de la quema en antorcha, en lugar de aplicar los factores de emisión antes indicados a las tasas de producción. Los factores de emisión que se deben utilizar para la estimación directa de las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O sobre la base de los volúmenes declarados de gas quemado en antorcha son de 0,012, 2,0 y 0,000023 Gg respectivamente, por cada 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de gas quemado en antorcha, sobre la base de una eficiencia de quema en antorcha de 98% y un análisis de gas típico en una planta de elaboración de gas (es decir, 91,9% de CH<sub>4</sub>, 0,58% de CO<sub>2</sub>, 0,68% de N<sub>2</sub> y 6,84% de hidrocarburos no parafínicos por volumen).

<sup>f</sup> El factor más alto refleja un uso mayoritario de compresores de émbolo oscilante en el sistema, mientras que el factor más bajo denota el uso de compresores en su mayoría centrífugos.

<sup>g</sup> "Venteo" significa el venteo declarado de gas asociado y en solución de desecho en las instalaciones de producción de petróleo y los volúmenes de gas de desecho procedente del desfogue, la purga y el alivio de la presión como medida de emergencia en las instalaciones de gas. Cuando se conoce el volumen real de gas venteado, deberá utilizarse ese dato para determinar las emisiones procedentes del venteo, en lugar de aplicar los factores de emisión indicados a las tasas de producción. Los factores de emisión que se deben utilizar para la estimación directa de las emisiones de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> sobre la base de los volúmenes declarados de gas venteado son de 0,66 y 0,0049 Gg respectivamente, por cada 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de gas venteado, sobre la base de un análisis de gas típico en los sistemas de transporte y distribución del gas (es decir, 97,3% de CH<sub>4</sub>, 0,26% de CO<sub>2</sub>, 1,7% de N<sub>2</sub> y 0,74% de hidrocarburos no parafínicos por volumen).

<sup>h</sup> Si bien no se dispone de factores con respecto a la carga en el mar de la producción costa afuera en América del Norte, los datos de Noruega indican un factor de emisión de CH<sub>4</sub> de 1,0 a 3,6 Gg/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> de petróleo transferido (derivado de datos proporcionados por la Autoridad Noruega de Lucha contra la Contaminación, 2000).

Fuentes: Asociación Canadiense de Productores de Petróleo (1999); GRI/US EPA (1996); USEPA (1999).

### 2.7.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad necesarios para estimar las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas pueden abarcar estadísticas de producción, datos sobre la infraestructura (p.ej. inventarios de instalaciones/plantas, unidades de elaboración, tuberías y componentes de los equipos) y las emisiones declaradas procedentes de derrames, escapes accidentales y daños a terceros. Los datos de actividad básicos que se requieren para cada nivel y para cada tipo de fuente primaria se resumen en el cuadro 2.17, "Datos de actividad que se requieren normalmente para cada método de evaluación de las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas por tipo de categoría de fuentes primarias". A continuación se mencionan algunos aspectos concretos que es preciso considerar a la hora de compilar esta información:

- Se recomienda desglosar las estadísticas sobre la producción para captar los cambios que se produzcan en los volúmenes (p.ej. debido a importaciones, exportaciones, repetición del tratamiento, retiros, etc.) a lo largo de las distintas etapas de los sistemas de petróleo y gas.
- Las estadísticas sobre la producción o los análisis de destino final<sup>24</sup> que figuran en los informes de los distintos organismos pueden no coincidir entre sí, aunque se basen en los mismos resultados de medición originales (p.ej. debido a posibles diferencias en la terminología y posibles errores al resumir los datos). Estas discrepancias pueden utilizarse como un indicador de la incertidumbre en los datos. Esa incertidumbre será aún mayor si existe algún sesgo intrínseco en los resultados de las mediciones originales (p.ej., los medidores de venta suelen estar diseñados para errar a favor del cliente, y los sistemas de manipulación de líquidos tienen un sesgo negativo a causa de las pérdidas por evaporación). Las mediciones aleatorias y los errores de contabilidad pueden considerarse insignificantes cuando se agregan a nivel de toda la industria.
- Las estadísticas de producción suministradas por las oficinas nacionales deben preferirse a las proporcionadas por organismos internacionales como la AIE o las Naciones Unidas, debido a que generalmente son más fiables y están más desglosadas. Los grupos regionales, provinciales e industriales pueden ofrecer información aún más desglosada.
- Los informes sobre los volúmenes de gas venteado y quemado en antorcha pueden ser muy poco fiables ya que generalmente se basan en estimaciones y no en mediciones reales. Además, es frecuente que los valores estén agregados y se declaren simplemente como volúmenes quemados en antorcha. Es preciso revisar las prácticas operacionales de cada segmento de la industria para determinar si los volúmenes declarados han sido realmente venteados o quemados, o hacer el prorrateo correspondiente entre las operaciones de venteo y las de quema en antorcha. También deberían hacerse auditorías o revisiones de cada segmento de la industria para determinar si efectivamente se declaran todos los volúmenes venteados o quemados en antorcha (p.ej., las emisiones de gas en solución procedentes de tanques de almacenamiento y tratadores, las operaciones de quema en antorcha o venteo realizadas con carácter de emergencia, las fugas hacia los sistemas de venteo o quema en antorcha, y los volúmenes de desfogue y purga pueden no estar contabilizados).
- Los datos sobre la infraestructura son más difíciles de obtener que las estadísticas de producción. La información relativa al número y tipo de instalaciones principales y a las clases de procesos utilizados en esas instalaciones puede a menudo obtenerse de los organismos reguladores y los grupos industriales, o directamente de las propias empresas.
- La información sobre las instalaciones de menor envergadura (p.ej. el número de deshidratadores y compresores) no suele estar disponible, ni siquiera si se solicita a las empresas de petróleo y gas. En consecuencia, es preciso partir de determinados supuestos, elaborados en base a las prácticas de diseño locales, para estimar el número de instalaciones de esta índole. Esto puede requerir algún tipo de trabajo de campo para calcular factores de estimación apropiados o establecer correlaciones.
- Muchas empresas utilizan sistemas computarizados de gestión de la información relativa a las tareas de inspección y mantenimiento. Estos sistemas pueden ser un medio muy fiable de contar los componentes principales del equipo (p.ej. unidades de compresión, calentadores de los procesos de elaboración y calderas, etc.) en instalaciones seleccionadas. Además, una empresa puede tener, en alguno de sus departamentos, bases de datos sobre ciertos tipos de equipo o instalaciones para satisfacer sus propias

---

<sup>24</sup> Un análisis de destino final es aquél que permite hacer un cálculo congruente de los hidrocarburos producidos en la cabeza del pozo, o punto de recepción, hasta el punto de venta final o punto de exportación. Las categorías típicas de destino final comprenden los volúmenes quemados en antorcha o venteados y los utilizados como combustible, las pérdidas del sistema, los volúmenes sumados o restados a los inventarios o a la cantidad de gas almacenado, las importaciones y exportaciones de gas, etc.

necesidades específicas (p.ej. la contabilidad fiscal, la contabilidad de la producción, la documentación sobre seguros, los programas de control de calidad, las auditorías de seguridad, las renovaciones de permisos, etc.). Se debería hacer lo posible para identificar estas fuentes de información potencialmente útiles.

**CUADRO 2.17****DATOS DE ACTIVIDAD QUE SE REQUIEREN NORMALMENTE PARA CADA MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS POR TIPO DE CATEGORÍA DE FUENTES PRIMARIAS**

<b>Nivel de evaluación</b>	<b>Categoría de fuentes primarias</b>	<b>Datos de actividad mínimos requeridos</b>
----------------------------	---------------------------------------	--

1	Todas	Volúmenes de petróleo y gas
2	Sistemas petroleros	Relación gas/petróleo Volúmenes de gas quemado en antorcha y venteado Volúmenes de gas conservado Volúmenes de gas reinyectado Volúmenes de gas utilizado Composición del gas
3	Operaciones de venteo o quema en antorcha en los procesos industriales	Volúmenes declarados Composición del gas Factores de prorateo para separar el gas venteado del quemado en antorcha
	Pérdidas en el almacenamiento	Factores de gas en solución Volúmenes líquidos Tamaño de los tanques Composición del vapor
	Fugas del equipo	Conteo de instalaciones/plantas por tipo Procesos utilizados en cada instalación Listas de componentes del equipo por tipo de unidad de elaboración Composición del gas y del vapor
	Aparatos de gas	Lista de aparatos de gas por tipo de unidad de elaboración Factores de consumo de gas Tipo de sistema de alimentación Composición del gas
	Escapes accidentales y daños a terceros	Informes/resúmenes de los incidentes
	Migración del gas a la superficie y venteo de gases por la tubería de revestimiento de superficie	Factores de emisión medios y promedio del número de pozos
	Perforaciones	Número de pozos perforados Volúmenes declarados de gas venteado o quemado en antorcha de acuerdo con la evaluación de las tuberías de perforación Emisiones típicas procedentes de los tanques de lodo
	Mantenimiento de los pozos	Conteo de las tareas de mantenimiento desglosadas por tipo
	Fugas de las tuberías	Tipo de material de las tuberías Longitud de la tubería
Arenas bituminosas/Esquisto bituminoso expuestos	Extensión de la superficie expuesta Factores de emisión medios	

La cantidad de componentes por tipo de unidad de elaboración puede variar enormemente de una instalación a otra y de un país a otro debido a las diferencias en las prácticas de diseño y funcionamiento. En consecuencia, si bien en un principio puede ser conveniente utilizar los valores indicados en la bibliografía general, los países deben tratar de establecer sus propios valores.

El uso de una terminología uniforme y definiciones claras es fundamental para el conteo de las instalaciones y los componentes de los equipos, y para poder comparar los resultados de una manera que tenga sentido.

Algunas estadísticas de producción pueden estar expresadas en unidades de energía (sobre la base de su valor calorífico), y por lo tanto será necesario convertirlas a unidades de volumen, o viceversa, para poder aplicar los factores de emisión disponibles. Generalmente, cuando los valores de producción se expresan en unidades de

energía, denotan el valor calorífico bruto (o más alto) del producto. En cambio, cuando los factores de emisión están expresados en unidades de energía, normalmente se basan en el valor calorífico neto (o más bajo) del producto. Para convertir los datos de energía expresados en función del VCB en datos expresados en términos del VCN, la Agencia Internacional de Energía presume una diferencia de 5% para el petróleo y de 10% para el gas natural. Las corrientes de gas natural que son muy ricas o que tienen un alto contenido de impurezas pueden diferir del valor medio indicado *supra*. Los factores de emisión y los datos de actividad deben ser congruentes entre sí.

Al comparar las emisiones fugitivas procedentes de la industria del petróleo y el gas en distintos países es importante tener en cuenta el impacto de las importaciones y exportaciones de petróleo y gas, así como los diversos tipos de actividades de petróleo y gas y los niveles de reducción de las emisiones. De lo contrario, las emisiones que se evalúen teniendo en cuenta el consumo por unidad o la producción por unidad inducirán a error.

Las actividades de producción tenderán a ser las principales responsables de las emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas en los países que tengan un volumen reducido de importaciones, en comparación con los volúmenes de consumo y exportación. Las actividades de transporte y distribución de gas y de refinación del petróleo tenderán a ser las principales causantes de estas emisiones en los países que tengan un volumen de importaciones relativamente alto. En general, los países importadores netos tenderán a tener niveles de emisiones específicas más bajos que los exportadores netos.

#### 2.7.1.4 EXHAUSTIVIDAD

La exhaustividad es un aspecto muy importante de la preparación de un inventario de emisiones fugitivas procedentes de la industria del petróleo y el gas. Se puede lograr mediante comparaciones directas con otros países y, en el caso de inventarios más detallados, mediante comparaciones entre determinadas empresas del mismo segmento e igual subcategoría de la industria. Para ello es necesario utilizar definiciones y criterios de clasificación uniformes. En el Canadá, el sector primario de la industria petrolera ha adoptado un sistema de puntos de referencia que compara los resultados de los inventarios de emisiones de las distintas empresas en función de la intensidad energética por unidad de producción y la intensidad de carbono por unidad de producción. Este sistema de puntos de referencia permite a las empresas evaluar su desempeño ambiental relativo. También pone de manifiesto, a un alto nivel, anomalías o posibles errores que es preciso investigar y subsanar.

Los factores indicativos que figuran en el cuadro 2.18 pueden utilizarse para ayudar a evaluar la exhaustividad y calificar determinadas pérdidas de metano como bajas, medianas o altas. Se deberán explicar las pérdidas específicas de metano que sean sensiblemente inferiores al punto de referencia más bajo o mayores que el punto de referencia más alto. No deberá utilizarse la clasificación de las pérdidas específicas de metano en función de los datos de actividad presentados como fundamento para la elección del método de evaluación más apropiado, sino que se deberán tener en cuenta las emisiones totales (es decir, el producto de los datos de actividad y los factores de emisión), la complejidad de la industria y los recursos de evaluación disponibles.

<b>CUADRO 2.18</b>					
<b>CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE GAS COMO BAJAS, MEDIANAS O ALTAS EN DETERMINADOS TIPOS DE INSTALACIONES DE GAS NATURAL</b>					
<b>Instalaciones</b>	<b>Datos de actividad</b>	<b>Factores de emisión anuales</b>			
		<b>Bajo</b>	<b>Mediano</b>	<b>Alto</b>	<b>Unidades de medida</b>
Producción y elaboración	Producción neta de gas (es decir, producción comercializada)	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	% de la producción neta
Red de gasoductos	Longitud de los gasoductos	<b>200</b>	<b>2 000</b>	<b>20 000</b>	m <sup>3</sup> /km/año
Estaciones de compresión	Capacidad instalada de compresión	<b>6 000</b>	<b>20 000</b>	<b>100 000</b>	m <sup>3</sup> /MW/año
Almacenamiento subterráneo	Capacidad de funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento subterráneas	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	% de capacidad de funcionamiento para gas
Planta de GNL (licuado o regasificación)	Volumen de gas	<b>0,005</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	% del volumen
Estaciones de medición y regulación	Número de estaciones	<b>1 000</b>	<b>5 000</b>	<b>50 000</b>	m <sup>3</sup> /estación/año
Distribución	Longitud de la red de distribución	<b>100</b>	<b>1 000</b>	<b>10 000</b>	m <sup>3</sup> /km/año
Uso de gas	Número de aparatos de gas	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	m <sup>3</sup> /aparato/año

Fuente: Adaptado de trabajos aún no publicados de la Unión Internacional del Gas, y basado en datos sobre una docena de países, entre ellos la Federación de Rusia y Argelia.

Las fuentes más pequeñas, cuando se agregan a nivel nacional a lo largo de un año, pueden con frecuencia aportar una contribución total importante. Por lo tanto, es una *buena práctica* no pasarlas por alto, a menos que se demuestre que su contribución colectiva al total de emisiones fugitivas es insignificante. Sin embargo, una vez realizada una evaluación minuciosa, existirá un fundamento para simplificar el método y asignar mejor los recursos en el futuro para reducir al máximo las incertidumbres en los resultados.

### 2.7.1.5 DETERMINACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Lo ideal es que las estimaciones de las emisiones se preparen respecto del año base y los años subsiguientes utilizando el mismo método. Cuando no se disponga de algunos datos históricos, debería ser posible de todas maneras utilizar mediciones específicas de las distintas fuentes, combinadas con técnicas de análisis retrospectivo, para establecer una relación aceptable entre las emisiones y los datos de actividad en el año base. La forma de hacer esto dependerá de la situación concreta, y se examina en términos generales en la sección 7.3.2.2, "Otras técnicas para hacer nuevos cálculos", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Si bien la determinación de los niveles de emisión del año base es significativa e importante en el plano regional o nacional, suele ser un indicador engañoso en el ámbito de las empresas debido a las fusiones, desinversiones y adquisiciones que se producen con frecuencia en muchos sectores. Esto puede constituir un problema en aquellos casos en que los inventarios nacionales se preparan sobre la base de una acumulación de inventarios empresariales, y resulta necesario hacer algunas extrapolaciones o interpolaciones.

Cuando ocurren cambios importantes en los métodos y los factores de emisión, es preciso volver a calcular toda la serie temporal y comunicarla de manera transparente.

### 2.7.1.6 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

El origen de los errores puede encontrarse en los siguientes aspectos:

- Errores de medición;
- Errores de extrapolación;
- Incertidumbres inherentes a las técnicas de estimación seleccionadas;
- Falta de información, o información incompleta, con respecto a la población de fuentes y los datos de actividad;
- Escasa comprensión de las variaciones temporales y estacionales de las fuentes;
- Contabilización excesiva o insuficiente debido a confusiones o incongruencias en las divisiones de las categorías y las definiciones de las fuentes;
- Aplicación incorrecta de los datos de actividad o los factores de emisión;
- Errores en los datos de actividad declarados;
- Omisiones en la contabilización de las operaciones intermedias de transferencia y de las actividades de reelaboración (p.ej. ciclos repetidos de deshidratación de los flujos de gas [en el yacimiento, en la planta, y en el almacenamiento subsiguiente], tratamiento de residuos de petróleo y aceites provenientes del extranjero) debido a la insuficiencia o la falta de documentación sobre esas actividades;
- Variaciones en la eficacia de los dispositivos de control y omisiones en la contabilización de las medidas de reducción de las emisiones;
- Errores en el ingreso y el cálculo de los datos.

Debido a la complejidad de la industria del petróleo y el gas, es difícil cuantificar las incertidumbres netas en el conjunto de los inventarios, los factores de emisión y los datos de actividad. Si bien se han hecho algunos análisis semicuantitativos, es necesario realizar un análisis cuantitativo más detallado.

Es previsible que los factores de emisión afinados de alta calidad correspondientes a la mayoría de los gases tengan errores del orden de  $\pm 25\%$ <sup>25</sup>. Los factores basados en relaciones estequiométricas pueden ser mucho más precisos (p.ej. errores de  $\pm 10\%$ ). La composición del gas suele ser exacta dentro de un margen de  $\pm 5\%$  en lo que respecta a los componentes individuales. Las tasas de flujo generalmente tienen errores de  $\pm 3\%$  o menos en cuanto a los volúmenes de ventas y de  $\pm 15\%$  o más respecto de otros volúmenes.

Un inventario de abajo hacia arriba de alta calidad (nivel 3) de pérdidas fugitivas de metano procedentes ya sea de actividades de petróleo o de gas puede tener errores de  $\pm 25\%$  a  $\pm 50\%$ . En comparación, los factores de emisión por defecto de las pérdidas de metano basados en la producción pueden fácilmente tener errores de un orden de magnitud o más. Los inventarios de emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> procedentes de actividades de venteo y quema en antorcha serán bastante fiables si se conoce con exactitud la composición del gas crudo y los volúmenes efectivamente venteados y quemados en antorcha. Las estimaciones de las emisiones fugitivas de N<sub>2</sub>O serán las menos fiables pero aportarán solamente una contribución mínima al total de emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero procedentes de las actividades de petróleo y gas.

Las estimaciones de la reducción de las emisiones obtenida con medidas de reducción individuales pueden ser exactas u oscilar entre un pequeño porcentaje y  $\pm 25\%$ , dependiendo del número de subsistemas o fuentes considerado.

---

<sup>25</sup> Los porcentajes mencionados en esta sección reflejan los resultados de una votación no oficial entre un grupo de expertos que se reunieron para tratar de aproximar el intervalo de confianza de 95% en torno a la estimación central.

## 2.7.2 Presentación de informes y documentación

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para preparar las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en la sección 8.10.1 del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad".

No resulta práctico incluir toda la documentación en el informe sobre el inventario nacional. No obstante, el inventario debería incluir resúmenes de los métodos aplicados y referencias a las fuentes de los datos, para que las estimaciones de las emisiones que figuran en el informe sean transparentes y se pueda determinar el procedimiento que se utilizó para calcularlas.

Más abajo se dan algunos ejemplos de la documentación y los informes específicamente relacionados con esta categoría de fuentes.

La documentación es particularmente importante cuando se aplica un método de nivel 3, ya que las *Directrices del IPCC* no describen un método estándar de nivel 3 para el sector del petróleo y el gas. Hay una gran variación dentro de lo que se podría clasificar como método de nivel 3 y, por consiguiente, en el grado de incertidumbre resultante.

Debería proporcionarse un resumen de los indicadores de desempeño y actividad, si se dispone de ellos, para ayudar a poner los resultados en perspectiva (p.ej. los niveles de producción totales, las distancias de transporte, las importaciones y exportaciones netas, y las intensidades específicas de la energía, el carbono y las emisiones). Los resultados sobre las emisiones que se indiquen en el informe deberían incluir asimismo un análisis de las tendencias para mostrar los cambios que se produzcan en las emisiones y los datos de actividad con el transcurso del tiempo. Debería indicarse también la exactitud esperada de los resultados, y señalarse claramente los aspectos de mayor incertidumbre. Esto es fundamental para poder interpretar correctamente los resultados y para cualquier informe en el que se declaren reducciones netas.

La tendencia actual de algunos organismos públicos y asociaciones industriales es a preparar manuales metodológicos detallados y formularios de presentación de informes para determinados segmentos y subcategorías de la industria. Este es quizá el medio más práctico de mantener, documentar y difundir información sobre el tema. No obstante, todas estas iniciativas deben ajustarse al marco común establecido en las *Directrices del IPCC*, para que se puedan comparar los resultados de los distintos países en lo que respecta a las emisiones.

Habida cuenta de que los factores de emisión y los procedimientos de estimación mejoran y se perfeccionan continuamente, es posible que se registren cambios en las emisiones declaradas sin que se haya producido efectivamente ningún cambio en las emisiones reales. Por lo tanto, deberán analizarse claramente los fundamentos de cualquier cambio que se quiera introducir al actualizar un inventario, y destacarse aquellas modificaciones que obedezcan estrictamente a un cambio en los métodos o en los factores.

La confidencialidad de la información comercial es una cuestión que varía de una región a otra, según el número de empresas presentes en el mercado y el tipo de actividad comercial. La importancia de esta cuestión tiende a aumentar a medida que se avanza en la cadena de actividades industriales secundarias de la industria del petróleo y el gas. Un medio común de resolver este problema, cuando se plantea, consiste en agregar los datos recurriendo para ello a un tercero independiente que sea digno de confianza.

## 2.7.3 Garantía de la calidad/control de calidad de los inventarios (GC/CC)

Es una *buena práctica* llevar a cabo controles de calidad, como se describe en el cuadro 8.1, "Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios", del capítulo 8, "Garantía de la calidad y control de calidad", y hacer revisar por expertos las estimaciones de las emisiones. También puede ser pertinente adoptar medidas adicionales de control de calidad, como se describe en los procedimientos de nivel 2, en el capítulo 8, y aplicar otros procedimientos de garantía de la calidad, sobre todo si se utilizan métodos de niveles más altos para determinar las emisiones procedentes de esta categoría de fuentes. Se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen métodos de GC/CC de un nivel más alto respecto de las *categorías principales de fuentes* que se indican en el capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Además de la orientación que se proporciona en el capítulo 8, a continuación se describen algunos procedimientos que son específicamente aplicables a esta categoría de fuentes.

Los inventarios de emisiones de industrias grandes y complejas de petróleo y gas están sujetos a errores importantes, debido a omisiones totales o parciales en la contabilización de las fuentes. A fin de reducir al mínimo estos errores, es importante lograr una participación activa de la industria en la preparación y el perfeccionamiento de estos inventarios.

### **Revisión de las mediciones directas de las emisiones**

Si se usan mediciones directas para calcular factores de emisión específicos de un país, el organismo encargado del inventario deberá determinar si las mediciones en los distintos sitios se hicieron de acuerdo con métodos uniformes reconocidos. Si las prácticas de medición no se ajustan a este criterio, entonces se deberá evaluar cuidadosamente el uso de esos datos sobre las emisiones, reconsiderar las estimaciones y documentar las calificaciones.

### **Examen de los factores de emisión**

El organismo encargado del inventario deberá comparar los factores basados en las mediciones con los factores por defecto del IPCC y con los factores calculados por otros países cuya industria tenga características similares. Si se utilizan los factores por defecto del IPCC, el organismo encargado del inventario deberá asegurarse de que sean pertinentes y aplicables a la categoría. Cuando sea posible, se compararán los factores por defecto del IPCC con los factores nacionales o locales para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

### **Examen de los datos de actividad**

Puede ser necesario contar con varios tipos diferentes de datos de actividad respecto de esta categoría de fuentes, dependiendo del método que se utilice. El organismo encargado del inventario deberá comparar distintos tipos de datos de actividad para determinar si son razonables. Siempre que sea posible, se deberán comparar muchas fuentes de datos (es decir, estadísticas nacionales y organizaciones industriales). Es necesario explicar y documentar cualquier diferencia significativa que exista en los datos. Se deberán examinar las tendencias de los principales elementos determinantes de las emisiones y los datos de actividad a lo largo del tiempo, e investigar cualquier anomalía que se detecte.

### **Revisión externa**

Los inventarios de emisiones de industrias grandes y complejas de petróleo y gas están sujetos a errores importantes, debido a omisiones totales o parciales en la contabilización de las fuentes. A fin de minimizar estos errores, es importante lograr una participación activa de la industria en la preparación y el perfeccionamiento de estos inventarios.

## REFERENCIAS

### EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO<sub>2</sub> PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

- EMEP/CORINAIR (1999). *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, 2a. edición. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague (Dinamarca).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*, J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE /AIE, París (Francia).
- Smith, K.R., Pennise D.M., Khummongkol P., Chaiwong V., Ritgeen K., Zhang J., Panyathanya W., Rasmussen R.A., Khalil M.A.K. y Thorneloe S.A. (1999). *Greenhouse Gases from Small-scale Combustion Devices in Developing Countries. Phase III: Charcoal-Making Kilns in Thailand*. EPA-600/R-99-109. Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU., Oficina de Investigación y Desarrollo, Washington, D.C. (EE.UU.).
- Smith K.R., Uma R., Kishore V.V.N., Lata K., Joshi V., Zhang J., Rasmussen R.A. y Khalil M.A.K. (2000). *Greenhouse Gases from Small-scale Combustion Devices in Developing Countries, Phase IIa: Household Stoves in India*. EPA-600/R-00-052. Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU., Oficina de Investigación y Desarrollo, Washington, D.C. (EE.UU.).
- Zhang J., Smith K.R., Ma Y., Ye S., Weng X., Jiang F., Qi W., Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. y Thorneloe S.A. "Greenhouse gases and other pollutants from household stoves in China: A database for emission factors". *Atmospheric Environment* (de próxima publicación).
- Zhang J., Smith K.R., Uma R., Ma Y., Kishore V.V.N., Lata K., Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. y Thorneloe S.A. (1999). "Carbon monoxide from cookstoves in developing countries: 1. Emission factors". *Chemosphere: Global Change Science*, 1 (1 a 3), págs. 353 a 366.
- Zhang J., Smith K.R., Uma R., Ma Y., Kishore V.V.N., Lata K., Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. y Thorneloe S.A. (1999). "Carbon monoxide from cookstoves in developing countries: 2. Potential chronic exposures". *Chemosphere: Global Change Science*, 1 (1 a 3), págs. 367 a 375.
- Zhang J. y Smith K.R. (1999). "Emissions of carbonyl compounds from various cookstoves in China". *Environmental Science and Technology*, 33 (14), págs. 2311 a 2320.

### FUENTES MÓVILES DE COMBUSTIÓN: AERONAVES

- ANCAT/EC2 (1998). *ANCAT/EC2 Global Aircraft Emissions Inventories for 1991/92 and 2015*. R. M. Gardner, informe de CEAC/ANCAT y del Grupo de Trabajo de las Comunidades Europeas, CEAC-CE, ISBN 92-828-2914-6.
- Baughcum S. L., Tritz T. G., Henderson S. C. y Pickett D. C. (1996). *Scheduled Civil Aircraft Emission Inventories for 1992: Database Development and Analysis*. NASA Contractor Report 4700.
- Daggett, D.L. et al. (1999). *An Evaluation of Aircraft Emissions Inventory Methodology by Comparison With Reported Airline Data*. NASA CR-1999-209480, NASA Center for AeroSpace Information, 7121 Standard Drive, Hanover, MD 21076-1320, EE.UU.
- EMEP/CORINAIR (1999). *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, 2a. edición. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague (Dinamarca).
- Falk (1999). *Estimating The Fuel Used and NO<sub>x</sub> Produced From Civil Passenger Aircraft From ANCAT/EC2 Inventory Data*. Informe No. DTI/EID3c/199803, Departamento de Transporte e Industria del Reino Unido.
- Falk (1999b). *Estimating the fuel used and NO<sub>x</sub> produced from civil passenger aircraft from ANCAT/EC2 inventory data*. Cuadro 2 del Informe DTI/EID3c/199803, del Departamento de Transporte e Industria del Reino Unido (DTI).
- OACI (1997). *División de Estadística - Informe de la novena reunión*, Montreal, 22 a 26 de septiembre de 1997. Documento No. 9703, STA/9 (1997) Organización de Aviación Civil Internacional, Montreal (Canadá), 1998.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*, J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE /AIE, París (Francia).
- IPCC (1999). *La aviación y la atmósfera global*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Olivier J.G.J. (1995). *Scenarios for Global Emissions from Air Traffic*. Informe No. 773 002 003, Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente (RIVM), Bilthoven (Países Bajos).

UNFCCC (1999). *Methods Used To Collect Data, Estimate and Report Emissions From International Bunker Fuels*. Proyecto de informe de la secretaría a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 21 de abril de 1999.

## **EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DEL CARBÓN**

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*, J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE /AIE, París (Francia).

Riemer P. (1999). "Technologies for Abatement of Methane Emissions". *Methane emissions from coal mining*, Volumen 1, capítulo 4, IEAGHG/SR7, distribución restringida.

Williams D.J. y A. Saghafi (1993). "Methane emissions from coal mining - a perspective". *Coal J.*, 41, págs. 37 a 42.

Williams, D. J., Saghafi, A., Lange, A. L. y Drummond, M. S. (1993). *Methane emissions from open-cut mines and post-mining emissions from underground coal*. CET/IR 173, CSIRO Division of Coal and Energy Technology, informe sobre una investigación sin restricciones presentado al Departamento de Medio Ambiente, Deportes y Territorios de Australia.

## **EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL**

Canadian Association of Petroleum Producers (1999). *CH<sub>4</sub> and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry*. Asociación canadiense de productores de petróleo, Calgary, AB (Canadá).

GRI/US EPA (1996). *Methane Emissions from the Natural Gas Industry*. Informe No. EPA-600/R-96-080, GRI / Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU..

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*, J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE /AIE, París (Francia).

USEPA (1999). *Methane Emissions from the U.S. Petroleum Industry*. Informe No. EPA-600/R-99-010 del USEPA, pág. 158, preparado por Radian International LLC para la Oficina de Investigación y Desarrollo del Organismo de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU.