

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EMISIONES DE  
LOS PRINCIPALES GASES EFECTO INVERNADERO, DIÓXIDO DE CARBONO  
(CO<sub>2</sub>), METANO (CH<sub>4</sub>) Y ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O), EN FUENTES MOVILES Y  
FIJAS PUNTUALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

**DAVID ORLANDO PATIÑO TELLEZ  
JHON JAIRO VERGEL BALLESTEROS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EMISIONES DE  
LOS PRINCIPALES GASES EFECTO INVERNADERO, DIÓXIDO DE CARBONO  
(CO<sub>2</sub>), METANO (CH<sub>4</sub>) Y ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O), EN FUENTES MOVILES Y  
FIJAS PUNTUALES DEL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

**DAVID ORLANDO PATIÑO TELLEZ  
JHON JAIRO VERGEL BALLESTEROS**

**Trabajo de grado para optar al titulo de  
Ingeniero Mecánico**

**Director:  
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo a mi tía Mary y Delles quienes han hecho posible este logro, el cual no es mío sino de ellas en realidad, a mi abuela y a mi madre por estar siempre conmigo, a mi padre por que me ha enseñado que hay que cambiar para mejorar, a mis hermanos quienes me inspiraron para redoblar esfuerzos, a mis tíos Héctor, Mayo, Ofo, al Deibi y Alberto por su fraternidad, a toda mi Familia por contribuir a mi empeño, quiero que sepan que las quiero mucho.*

*Jhon Jairo Vergel*

1. *A Dios porque es mi guía y la fuerza que me permite  
continuar día a día.*

*A mi madre Daniza por su apoyo incondicional e  
incansable sacrificio para que yo saliera adelante.*

*A mi padre Orlando por su apoyo incondicional y por que  
siempre ha creído en mí.*

*A mis hermanos Juan Pablo, Santiago y Melissa que  
siempre me han apoyado.*

*A mis abuelos Rubén Darío e Inés por que sin su  
colaboración esto no sería posible.*

*Y a todas las personas que me acompañaron y me  
apoyaron siempre.*

*DAVID ORLANDO PATIÑO*

## AGRADECIMIENTOS

*No solo dedico sino agradezco a las autoras intelectuales de este paso tan importante en mi vida, a mis tías Mary y Delles, mil gracias por su paciencia, por preocuparse y por dejar compartir sus vidas conmigo.*

*Agradezco a los Ingenieros Jorge Luis Chacón y Henry Castro por sus consejos y su experiencia, me ayudaron a formarme como persona e investigador.*

*A mis estimados y viejos amigos de barrio, Rafa, Nando, Chano, banes, el chanen mix, tuti, Jhon, Miro, Nixon Manzano, Walbert Melo, gracias por dejarme pasar a su lado los mejores momentos de mi vida. Por último, pero no menos importante a: Luz Ma, la viejita, Liseth, Leslie, Lorena Mudanti, Diana, Juancha, fresita, Andres, Mañe, Carlos, Rafael Bacca, Diego Arias, Diego Sarmiento, sisi, Alvarito, Joselindo, Nelson, Jonathan y Camilo forero, Andres y Juanpablo Trigos, ¿Adivinen qué?, tienen que aprenderse tres nuevas palabras en su flaco vocabulario: Ingeniero Jhon Jairo, espero verlos pronto con sus títulos. Para mi son los mejores amigos que se pueden tener. Cada Valioso nanosegundo quedará atesorado eternamente en mi corazón.*

*Jhon Jairo Vergel*

*Agradezco a Dios por permitirme dar este importante paso en mi vida.*

*A mi familia por permitirme compartir este logro con ustedes, por el apoyo que me brindaron siempre y por la paciencia que tuvieron durante todo este tiempo.*

*Agradezco al Ingeniero Jorge Luis Chacón por su acompañamiento en este proceso y sus valiosos aportes, al ingeniero Henry Castro por compartir todo su conocimiento y experiencia, y su gran colaboración durante todo este tiempo.*

*A mis amigos que siempre estuvieron ahí en las buenas y en las malas y con los cuales compartí grandes momentos de mi vida.*

*DAVID ORLANDO PATIÑO*

## TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>22</b>
<b>1. FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGÍA Y PASOS TÉCNICOS PARA ESTIMAR CUANTITATIVAMENTE EMISIONES DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO.</b>	<b>24</b>
1.1 IDENTIFICAR EL PROPÓSITO DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES .....	24
1.2 DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS NECESARIAS PARA LA ESTIMACION DE LAS EMISIONES.....	25
1.2.2 TIPOS DE FUENTES.....	27
1.2.3 TIPO Y CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIBLES.....	38
1.2.4 FORMACIÓN DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ), METANO (CH <sub>4</sub> ) Y OXIDO NITROSO (N <sub>2</sub> O) .....	45
1.2.5 AÑO BASE. ....	46
1.2.6 CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL TIEMPO.. ....	47
1.2.7 CARACTERÍSTICAS ESPACIALES. ....	48
1.2.8 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD. ....	48
1.2.9 MANEJO DE DATOS. ....	49
1.2.10 PROYECCIONES.....	50
1.2.11 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.....	50
1.3 DETERMINAR LAS FUENTES DE DATOS Y SELECCIONAR LAS TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.....	51
1.4 RECOPIRAR DATOS RELACIONADOS CON LAS EMISIONES Y DATOS DE ACTIVIDAD.....	51
1.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA FUENTES PUNTUALES.....	52
1.5.1 REVISIÓN DE EXPEDIENTES EN LAS OFICINAS DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL.....	53
1.6 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA FUENTES MÓVILES. ....	53
1.7 CALCULAR LAS ESTIMACIONES DE EMISIONES. ....	54

1.8 DOCUMENTAR RESULTADOS. ....	54
<b>2. TÉCNICAS PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.</b>	<b>55</b>
2.1 MUESTREO EN LA FUENTE. ....	56
2.1.1 MEDICIÓN CONTINUA DE EMISIONES .....	56
2.2 FACTORES DE EMISION. ....	61
2.3 MODELOS DE ESTIMACION DE EMISIONES. ....	69
2.3.1 MODELOS PARA ESTIMACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES. .	69
<b>3. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>), METANO (CH<sub>4</sub>) Y OXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EN FUENTES FIJAS PUNTUALES Y MÓVILES PARA EL AMB.</b>	<b>72</b>
3.1 PROPÓSITO.....	72
3.2 CARACTERISTICAS DE LAS ESTIMACIONES .....	72
3.2.1 TIPO DE EMISIONES:.....	72
3.2.2 TIPOS DE FUENTES Y NIVEL DE DETALLE .....	75
3.2.3 AÑO BASE.....	76
3.2.4 CARACTERÍSTICAS DE TIEMPO.....	76
3.2.5 CARACTERÍSTICAS ESPACIALES. ....	77
3.2.6 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (AC) .....	77
3.2.7 MANEJO DE DATOS.....	77
3.2.8 PROYECCIONES.....	77
3.2.9 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE. ....	78
3.3 DETERMINACION DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES .....	78
3.4 RECOPIACION DE DATOS .....	78
3.5 ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES. ....	79
3.5.1 ESTIMACIÓN CUANTITATIVA EN LAS FUENTES FIJAS .....	79

3.5.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES.....	95
3.6 INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	101
3.6.1 INCERTIDUMBRES Y VALIDACIÓN DE LA EFICACIA Y FIABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS IMPLEMENTADAS PARA LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EN FUENTES FIJAS .....	101
3.6.2 INCERTIDUMBRE PARA LAS EMISIONES DE CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O EN FUENTES FIJAS.....	116
3.6.3 INCERTIDUMBRE EN FUENTES MÓVILES .....	118
<b>4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>121</b>
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN FUENTES FIJAS .....	121
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN FUENTES MÓVILES.....	132
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>142</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>145</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>147</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>150</b>

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. Características del Diesel. ....	41
Tabla 2. Conversión entre valores calóricos brutos y netos.....	44
Tabla 3. Factores de Emisión por defecto del CO <sub>2</sub> para carbones tipo C.....	82
Tabla 4. Factores de Emisión por defecto para el CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O para carbones .....	83
Tabla 5. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Carbón Mineral. ....	88
Tabla 6. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Gas Natural. ....	90
Tabla 7. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Biomasa.....	92
Tabla 8. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan ACPM (Fuel Oil N° 2) .....	93
Tabla 9. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Aceite Reciclado .....	93
Tabla 10. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Carbón Coque.....	94
Tabla 11. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan GLP .....	94
Tabla 12. Estimación cuantitativa de emisiones de CO <sub>2</sub> para fuentes móviles en el AMB .....	98
Tabla 13. Estimación cuantitativa de emisiones de CH <sub>4</sub> para fuentes móviles en el AMB. ....	99
Tabla 14. Estimación cuantitativa de emisiones de N <sub>2</sub> O para fuentes móviles en el AMB .....	100

Tabla 15. Diferencia porcentual de la estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> entre las empresas que tienen muestreo isocinético y las metodologías del IPCC y la EPA. .....	104
Tabla 16. Diferencia porcentual ordenados de menor a mayor (Metodología del IPCC).....	106
Tabla 17 Diferencia porcentual ordenados de menor a mayor (Metodología EPA) .....	106
Tabla 18. Calidad en los Factores de Emisión.....	110
Tabla 19. Porcentajes de O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> y diferencia porcentual entre el muestreo y las metodologías .....	114
Tabla 20. Diferencia porcentual global por Tecnología y por combustible.....	115
Tabla 21. Reporte de Emisiones Totales del CO <sub>2</sub> .....	122
Tabla 22. Reporte de emisiones en Fuentes Fijas puntuales .....	122
Tabla 23. Reporte de emisiones por Tecnología utilizada .....	123
Tabla 24. Reporte de emisiones por Combustible utilizado. ....	125
Tabla 25. Reporte de emisiones por Combustible y Tecnología utilizada.....	128
Tabla 26. Reporte de emisiones en el Transporte Terrestre.....	132
Tabla 27. Reporte de emisiones por categoría vehicular.....	133
Tabla 28. Reporte de emisiones por consumo de Combustible.....	136
Tabla 29. Reporte de emisiones por tipo de vía.	<b>138</b>

## LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Calentamiento Global .....	27
Figura 2. Caldera pirotubular de parrilla viajera .....	29
Figura 3. Horno para la industria ladrillera .....	31
Figura 4. Jerarquía para la estimación de emisiones.....	55
Figura 5. Equipo de Muestreo.....	59
Figura 6. Analizador de Gases .....	59
Figura 7. Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión .....	68
Figura 8. Pasos Técnicos para la estimación de emisiones .....	74
Figura 9. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial .....	139

## LISTA DE GRÁFICAS

PÁG.

Gráfica 1. Diferencia porcentual entre muestreo isocinético y Metodología del IPCC .....	103
Gráfica 2. Ejemplos típicos de las funciones de distribución de probabilidad (FDP) para los factores eficaces de emisión de CO <sub>2</sub> para la quema de combustibles...	109
Gráfica 3. Número de Empresas en el AMB teniendo en cuenta la Tecnología y combustible utilizado.....	121
Gráfica 4. Porcentaje en las Emisiones con la Metodología del IPCC.....	122
Gráfica 5. Porcentaje en las Emisiones de CO <sub>2</sub> por tecnología con la Metodología del IPCC .....	124
Gráfica 6 Porcentaje en las Emisiones de CH <sub>4</sub> por tecnología con la Metodología del IPCC .....	124
Gráfica 7. Porcentaje en las Emisiones de N <sub>2</sub> O por tecnología con la Metodología del IPCC .....	125
Gráfica 8. Porcentaje en las Emisiones de CO <sub>2</sub> por combustible utilizado con la Metodología del IPCC.....	126
Gráfica 9. Porcentaje en las Emisiones de CH <sub>4</sub> por combustible utilizado con la Metodología del IPCC.....	126
Gráfica 10. Porcentaje en las Emisiones de N <sub>2</sub> O por combustible utilizado con la Metodología del IPCC.....	127
Gráfica 11. Porcentaje en las Emisiones de CO <sub>2</sub> por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC .....	129
Gráfica 12. Porcentaje en las Emisiones de CH <sub>4</sub> por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC .....	130
Gráfica 13. Porcentaje en las Emisiones de N <sub>2</sub> O por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC .....	131
Gráfica 14. Porcentaje en las Emisiones con el Modelo Copert III.....	132

Gráfica 15. Porcentaje en las emisiones de CO <sub>2</sub> en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular .....	134
Gráfica 16. Porcentaje en las emisiones de CH <sub>4</sub> en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular .....	134
Gráfica 17. Porcentaje en las emisiones de N <sub>2</sub> O en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular .....	135
Gráfica 18. Porcentaje de distribución en el Combustible consumido .....	136
Gráfica 19. Porcentaje en las Emisiones de CO <sub>2</sub> por combustible consumido....	137
Gráfica 20. Porcentaje en las Emisiones de CH <sub>4</sub> por combustible consumido ....	137
Gráfica 21. Porcentaje en las Emisiones de N <sub>2</sub> O por combustible consumido....	138
Gráfica 22. Porcentaje en las Emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de vía.....	140
Gráfica 23. Porcentaje en las Emisiones de CH <sub>4</sub> por tipo de vía.....	140
Gráfica 24. Porcentaje en las Emisiones de N <sub>2</sub> O por tipo de vía.....	141

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> DATOS PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O EN LAS FUENTES FIJAS PUNTUALES DEL AMB.	151
<b>ANEXO B.</b> DATOS PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O EN EL TRANSPORTE TERRESTRE DEL AMB.	249
<b>ANEXO C.</b> MANUAL DEL USUARIO COPERT III.	268
<b>ANEXO D.</b> ESTIMACION DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES CON LA METODOLOGIA DEL IPCC Y COMPARACION DE RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O DEL AMB CON LA CIUDAD DE BOGOTA.	278

## RESUMEN

### TITULO:

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EMISIONES DE LOS PRINCIPALES GASES EFECTO INVERNADERO, DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>), METANO (CH<sub>4</sub>) Y ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O), EN FUENTES MÓVILES Y FIJAS PUNTUALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

### AUTORES:

DAVID ORLANDO PATIÑO TELLEZ  
JHON JAIR VERGEL BALLESTEROS\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Gases de Efecto Invernadero, Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Fuentes Fijas, Fuentes Móviles, Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)

### DESCRIPCION:

En el presente proyecto se llevó a cabo la implementación de las metodologías del Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA) para estimación de las emisiones de los principales gases efecto invernadero, Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) en las fuentes fijas del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) que constituyen las principales empresas generadoras de emisiones producto de la quema de combustibles fósiles, con los datos disponibles en los expedientes de la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Para la estimación de las emisiones en fuentes móviles, que constituyen el parque automotor que circula en el Área Metropolitana De Bucaramanga (AMB), se recurrió al uso del software de moldeamiento de emisiones Copert III, como herramienta para estimar las emisiones de los gases de efecto invernadero Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) para cada una de las categorías vehiculares que circulan en el área local, para el cual se empleó la información disponible en las Direcciones de Transito y Transporte, Distribuidores Mayoristas de Combustible del AMB y el grupo de Investigación en GEOMATICA de la UIS.

Las metodologías empleadas son prácticas para este tipo de estudios, lo cual facilita la elaboración de estimaciones. Además este proyecto es un punto de partida y una primera aproximación para la elaboración de futuros estudios en la región.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad De Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela De Ingeniería Mecánica, Director Ing. Jorge Luis Chacón.

## ABSTRACT

### TITLE:

**IMPLEMENTATION OF A METHODOLOGY TO ESTIMATE EMISSIONS FROM PRINCIPAL GREENHOUSE GASES, CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>), METHANE (CH<sub>4</sub>) AND NITROUS OXIDE (N<sub>2</sub>O) IN MOBILE SOURCES AND FIXED POINT OF BUCARAMANGA METROPOLITAN AREA.**

### AUTHORS:

DAVID ORLANDO PATIÑO TELLEZ  
JHON JAIRO VERGEL BALLESTEROS\*\*

### KEY WORDS:

Greenhouse Gases, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), Methane (CH<sub>4</sub>), Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O), Stationary Sources, Mobile Sources, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

### DESCRIPTION:

In the present project was carried out to implement the methodologies of the Ministry of Environment Housing and Territorial Development, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the Environmental Protection Agency's (EPA) to estimate emissions from principal greenhouse gases carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) in stationary sources of Bucaramanga (AMB) that constitute the principal ones generator of emissions from burning fossil fuels, available data in the files of the Autonomous Corporation for the Defense of plateau of Bucaramanga. To estimate emissions from mobile sources, which are the number of vehicles circulating in the Metropolitan Area of Bucaramanga (AMB), they resorted to the use of software shaping Copert III emission as a tool for estimating emissions of gases Greenhouse Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) for each of the categories vehicle circulating in the local area, for which use the information available in the Directorate of Traffic and Transportation, Distribution AMB Wholesale Fuel and Geomatica research group of the UIS.

The methods used are practical for this type of study, which facilitates the preparation of future estimates. Furthermore, this project is a starting point and an initial approach to the development of future studies in the region.

---

\* Work Of The Investigation

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Director Eng. Jorge Luis Chacón.

## INTRODUCCION

La evidencia que demuestra la existencia del cambio climático, relacionado con actividades humanas y su desarrollo económico y social, es contundente y constituye una de las mayores amenazas de tipo ambiental que enfrenta el planeta Tierra en la actualidad.

La mayor parte de la población en nuestro país se concentra en los centros urbanos, en donde transcurre nuestra vida, con unas condiciones urbanas características que han generado problemas de contaminación ambiental como son las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y por lo tanto el presente proyecto que es de gran interés para la Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta de Bucaramanga (CDMB), que junto con el Grupo De Investigación en Energía y Medio Ambiente (GIEMA) centra su interés en implementar una metodología que permita estimar cuantitativamente las emisiones de los principales GEI y conocer las cantidades de las emisiones de estos gases en fuentes fijas puntuales y fuentes móviles del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), Adicionalmente, este proyecto busca responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las fuentes más importantes de emisiones de CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el AMB?
- ¿Qué metodología es la más apropiada para las condiciones propias del AMB de acuerdo a las normativas regionales, nacionales e internacionales?
- ¿Cómo implementar ésta metodología de manera apropiada para que el resultado sea significativo y confiable, y
- ¿Cómo definir políticas de corto, mediano y largo plazo que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de la población del AMB?

Por lo anterior este estudio busca llevar a cabo la implementación de una metodología que se convierta en una herramienta que permita estimar las

emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) buscando el mayor grado de confiabilidad posible para que los resultados obtenidos se constituyan en una información vital para establecer políticas y programas de corto, mediano y largo plazo, por parte de las autoridades ambientales y gubernamentales.

# **1. FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGÍA Y PASOS TÉCNICOS PARA ESTIMAR CUANTITATIVAMENTE EMISIONES DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO.**

## **1.1 IDENTIFICAR EL PROPÓSITO DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES**

Como primer paso técnico en el desarrollo para estimar emisiones resulta fundamental el identificar su propósito o uso final. El propósito global ayudará a determinar muchos de los pasos siguientes; además, si el propósito no se identifica con claridad es posible que la estimación realizada no cumpla con las necesidades requeridas. Por ejemplo, los datos necesarios para desarrollar una estimación para modelado son significativamente diferentes de aquellos para otros tipos de estimaciones. También deben considerarse los usos futuros de la estimación así como su empleo a una mayor escala geográfica.

El propósito que se debe lograr con una estimación de emisiones que definirá tanto sus características como los pasos subsecuentes para la recopilación de datos y un modelado potencial; por este motivo es crítico llegar a un acuerdo sobre todos los usos potenciales e identificar el propósito de la estimación antes de iniciar cualquier actividad importante.

Existen muchos propósitos diferentes que varían dependiendo de las necesidades y las circunstancias específicas. Por ejemplo, el propósito de una estimación para una sola planta manufacturera es muy diferente al propósito de una estimación regional a gran escala.

La estimación para la planta manufacturera puede usarse para determinar el grado de cumplimiento con regulaciones específicas, mientras que la estimación regional para modelado puede hacerse para soportar una evaluación de la calidad del aire debida al impacto de varias fuentes, algunas de las razones más comunes para desarrollar estimaciones incluyen:

- Determinar la aplicabilidad de las licencias ambientales y otros requerimientos regulatorios.
- Estimar los impactos en la calidad del aire a través de estudios de modelado.
- Determinar el grado de cumplimiento de una fuente con las condiciones de una licencia ambiental o permiso de emisión.
- Estimar los cambios en las emisiones de la fuente para las aplicaciones de la licencia.
- Rastrear los niveles de emisión de contaminantes en el tiempo.
- Identificar las contribuciones de la emisión por categoría de fuente o por fuente específica.

La determinación del propósito de una estimación de emisiones no tiene que requerir de un gran esfuerzo y cantidad de tiempo, un esfuerzo razonable invertido al principio del proceso para identificar el uso y establecer el propósito, ayudará a asegurar el desarrollo de datos y de información más útil. Una vez que el propósito ha sido identificado de manera explícita, es mucho más probable que la estimación resultante satisfaga cada uno de los usos esperados del conjunto de datos.<sup>1</sup>

## **1.2 DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS NECESARIAS PARA LA ESTIMACION DE LAS EMISIONES.**

Cada proceso de estimación de emisiones tiene varias características que describen su naturaleza fundamental (tipos de contaminantes, tipos de fuentes, características de tiempo, información de las fuentes, etc.). Algunas estimaciones pueden requerir el desarrollo de actividades para sólo algunas de estas características, mientras que otras pueden necesitarlas para todas lo cual será

---

<sup>1</sup> Programa de Inventarios de Emisiones de México Volumen II – Fundamentos del Inventario de Emisiones paginas 3-1,3-2

determinado por el propósito de la estimación. Una vez familiarizado con el plan de trabajo para la elaboración de inventario de fuentes, es necesario conocer las diferentes técnicas para estimar emisiones procedentes de las diferentes fuentes incluidas en el mismo.

**1.2.1 Tipos de contaminantes.** Gases con efecto invernadero: El efecto invernadero (Figura 1) se presenta cuando la radiación de luz solar que entra queda atrapada por una combinación de gases activos respecto a la radiación (i. e., gases con efecto invernadero o simplemente, gases de invernadero). La energía luminosa del sol (radiación de longitud de onda corta) que pasa a través de la atmósfera de la tierra es absorbida por la superficie de la tierra y reflejada a la atmósfera como energía calorífica (radiación de longitud de onda larga). Entonces la energía calorífica es atrapada por la atmósfera creando una situación semejante a la que se presenta en un invernadero o en un automóvil cuando se suben las ventanillas. Muchos científicos creen que la emisión de estos gases (dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>], metano [CH<sub>4</sub>], óxido nitroso [N<sub>2</sub>O], clorofluorocarburos [CFCs] y otros) hacia la atmósfera puede aumentar el efecto invernadero y contribuir al calentamiento global<sup>2</sup>.

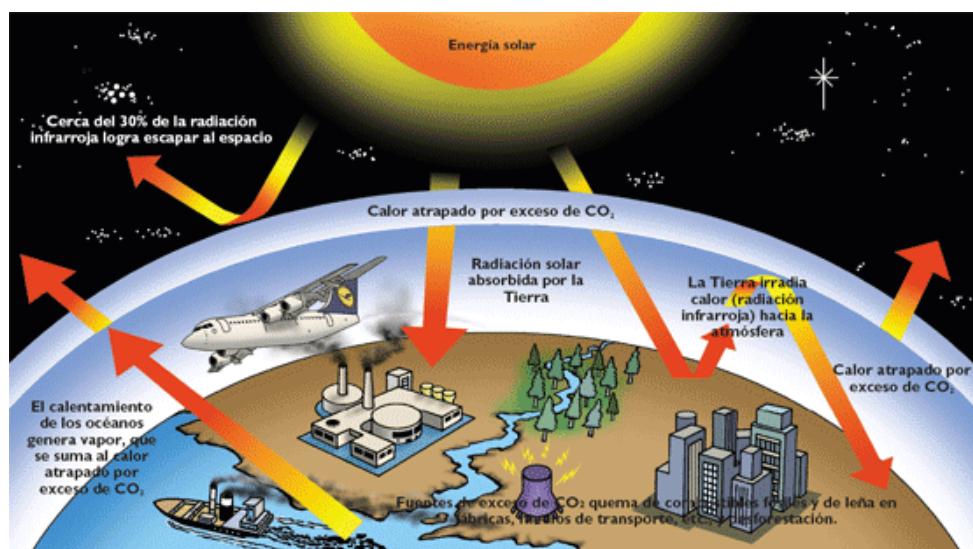
Los propósitos que se establezcan para una estimación de emisiones van a determinar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que deben ser incluidos. El CO<sub>2</sub> normalmente representa el 95 por ciento de las emisiones del sector energético, mientras que el metano y el óxido nitroso son responsables del porcentaje restante<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Programa de Inventarios de Emisiones de México, volumen II, fundamentos de inventarios de emisiones, pagina:4-14

<sup>3</sup> Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía,capitulo1, páginas 1.5 a 1.6

Figura 1. Calentamiento Global



Fuente: <http://itipistas.blogspot.com/2011/02/primer-proyecto-de-clase-1103-2011.html>

**1.2.2 Tipos de Fuentes.** Al igual que los gases, en una estimación de emisiones se deben determinar y definir cada una de las categorías de fuentes a incluir.

La emisión de GEI al aire proviene de una compleja mezcla de miles de fuentes que van desde las chimeneas industriales y vehículos de motor hasta el uso individual de limpiadores y pinturas en nuestros hogares, incluso la vida animal y vegetal puede desempeñar un papel importante en el problema de la contaminación del aire. En general, para los propósitos de una estimación de emisiones las fuentes de emisión se agrupan en cuatro tipos diferentes:

- Fuentes puntuales
- Fuentes móviles
- Fuentes de área
- Fuentes naturales.

**1.2.2.1 Fuentes puntuales.** Antes de comenzar a desarrollar una estimación de fuentes puntuales, deben tomarse dos importantes decisiones. Primero, se debe

definir claramente lo que es una “fuente puntual”, Segundo, se debe determinar el nivel de detalle deseado.

### **Normatividad**

De acuerdo con el Decreto 948 de 1995 una fuente de emisión es toda actividad, proceso u operación, realizada por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. Las denominadas fuentes fijas son todas aquellas situadas en un lugar determinado e inamovible, aún cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. Dichas fuentes fijas pueden ser puntuales (aquella que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas) o dispersas cuando los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales o las emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto.

Las fuentes puntuales incluyen entre otros a los siguientes sectores industriales: químico, petrolero y petroquímico, de pinturas y tintas, de automóviles, de la celulosa y papel, del hierro y el acero, del vidrio, de la generación de electricidad, del asbesto, del cemento y la cal así como del tratamiento de residuos peligrosos. Además de las plantas localizadas en zonas industriales y las fuentes que afecten el equilibrio ecológico de una zona o país.<sup>4</sup>

La resolución 909 del 5 de junio de 2008 establece estándares de emisión admisibles de contaminantes para fuentes fijas por actividades industriales, equipos de combustión externa con calentamiento directo e indirecto, instalaciones de combustión con capacidad instalada superior a 20 MW, y emisiones molestas en establecimientos comerciales y de servicios. De igual manera, establece las condiciones para determinar la altura del ducto de descarga y la localización del sitio de muestreo. Finalmente, establece criterios para garantizar el adecuado

---

<sup>4</sup> Manual de inventario de fuentes puntuales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 11

funcionamiento de los sistemas de control instalados para disminuir las emisiones, entre otras disposiciones.<sup>5</sup>

### **Fuentes de combustión externa**

Las empresas que realizan actividades de quema de combustibles generan vapor o calor para la fabricación de sus productos, estas utilizan calderas, hornos o secadores que a su vez tienen diversas configuraciones y usan diferentes tipos de combustibles.

Definición de las fuentes de combustión externa:

### **Calderas**

Dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado, la figura 2 muestra una caldera pirotubular de parrilla viajera.

Figura 2. Caldera pirotubular de parrilla viajera



Fuente: <http://www.calderasjct.com.co/pdf/Carbon1Hogar.pdf>

---

<sup>5</sup> Procedimiento para la evaluación de emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas subdirección de normatización y calidad ambiental coordinación de seguimiento y monitoreo ambiental- CDMB página 10

Las calderas aplican el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan o calientan el agua para aplicaciones industriales.

Las calderas se clasifican según las siguientes características:

- Según la transferencia de calor donde pueden ser acuotubulares, pirotubulares.
- Según el arreglo de la superficie de la transferencia de calor en la cual pueden ser horizontales o verticales.
- Según la forma de alimentación que puede ser por suspensión (Spread Stoker), fogonero (hand Feed), lecho fluidizado (Fluized bed), de parrilla viajera (Over feed Stoker o Under Feed Stoker) y de alimentación de carbón pulverizado (Pulverized Carbon) que a su vez tiene varias características.

Hay tres tipos del equipos de combustión externa usados para la combustión de gas natural que se categorizan según la producción de energía (MBTU/h) como pequeñas calderas (<100MMBTU/h), grandes calderas (>100MMBTU/h), y hornos residenciales.

## **Hornos**

Son equipos o dispositivos utilizados en la industria en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente tal como se muestra en la figura 3. El calentamiento puede servir para diferentes aplicaciones, como:

- Fundir.
- Ablandar para una operación de conformado posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades.
- Recubrir las piezas con otros elementos.
- Incineradores, equipos destinados a la combustión y/o eliminación de residuos.

Los hornos se aplican en un gran número de procesos dentro de diferentes sectores de la industria. En este caso se tiene en cuenta a los Hornos de

recalentamiento, empleados fundamentalmente en el recalentamiento de materiales para su conformado en caliente.

Figura 3. Horno para la industria ladrillera



Fuente: <http://www.ladrillosrhino.com/procesos.htm>

### **Secadores**

También denominados, cuando se realiza por elevación de la temperatura, estufas de secado. El material húmedo es continuamente elevado por la rotación del secador, dejándolo caer a través de una corriente de aire caliente que circula a lo largo de la carcasa del secador. El flujo de aire puede ser tanto en paralelo como en contracorriente.

### **Nivel de detalle**

Por lo general, la información sobre fuentes puntuales se recopila por medio de encuestas. Las fuentes puntuales se pueden inventariar teniendo en cuenta tres niveles de detalle:

- Nivel de planta, que se refiere a una planta o una instalación que podría contener varias actividades emisoras de contaminantes

- Nivel puntual o de chimenea en donde ocurren las emisiones al aire ambiente.
- Nivel de proceso o de segmento: representa las operaciones o procesos que integran la planta.

La información sobre fuentes puntuales se recopila por medio de encuestas o visitas a los establecimientos, a nivel puntual/chimenea, se tiene en cuenta:

- Horario de operación normal
- Consumo promedio de combustible
- Emisiones medidas/estimadas
- Eficiencia de control por contaminante
- Datos de chimenea (altura, diámetro)

**1.2.2.2 Fuentes móviles.** El decreto 948 del 5 de junio de 1995 define las fuentes móviles de la siguiente manera: Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

### **Fuentes de combustión interna**

#### **Motores de ciclo Otto**

Los motores de combustión interna pueden ser de dos tiempos, o de cuatro tiempos, siendo los motores de gasolina de cuatro tiempos los más comúnmente utilizados en los coches o automóviles. El ciclo Otto es un ciclo cerrado, que utiliza una mezcla de aire y gasolina o aire y gas y para su ignición tiene la ayuda de una chispa eléctrica producida por el sistema de encendido. Este ciclo consta de 4 etapas o tiempos. Aspiración, compresión, combustión y expansión. El flujo del fluido en su interior sería el siguiente:

En la carrera descendente del pistón, aspira un volumen de mezcla aire-combustible, que ingresa en una cámara, cuando el pistón sube comprime esa mezcla que cuando alcanza el punto muerto superior se enciende y se quema a

volumen constante (teórico), para luego producir una expansión (carrera útil) en cuyo transcurso aporta el trabajo, luego en la carrera ascendente se eliminan los gases de la combustión y el ciclo se inicia nuevamente

El ciclo ideal o teórico difiere bastante del real por diversos motivos entre los cuales podemos mencionar:

Disociación química de los combustibles, combustión no a volumen constante sino variable debido al tiempo de apertura de las válvulas de admisión y escape, avance al encendido para evitar la detonación de los combustibles, etc., todo lo cual hace que el ciclo no se realice como el teórico<sup>6</sup>.

### **Motores de ciclo Diesel**

Las transformaciones del fluido en el interior del motor se realizan de acuerdo a un ciclo cerrado, utiliza aire a presión atmosférica o a una mayor presión en los sistemas sobrealimentados y la inyección de un combustible líquido el cual se enciende por la alta temperatura del aire lograda después de la compresión del aire. Las transformaciones del fluido son las siguientes:

En la carrera descendente del pistón, aspira un volumen de aire, que ingresa en una cámara, cuando el pistón sube comprime el aire que cuando alcanza el punto muerto superior se encuentra a alta temperatura, en ese momento se inyecta finamente pulverizada una cierta cantidad de combustible líquido, que a medida que ingresa, se enciende y produce una combustión a presión constante (teórico), para luego expandirse realizando la carrera útil, en cuyo transcurso entrega trabajo, luego en la carrera ascendente se eliminan los gases de la combustión y el ciclo se inicia nuevamente al igual que en el ciclo Otto. El ciclo ideal difiere del real por las mismas razones del ciclo Otto con la diferencia que el homólogo del

---

<sup>6</sup> <http://www.mailxmail.com/curso-motores-combustion-interna/motor-combustion-interna-combustion-volumenconstante-ciclo-otto>

avance al encendido es el avance de la inyección y el fenómeno de detonación tiene su homólogo llamado "picado"<sup>7</sup>.

### **Emisiones en el transporte terrestre.**

Las emisiones de vehículos automotores están compuestas por un gran número de contaminantes que provienen de varios procesos descritos a continuación:

**Motor de combustión interna y sus emisiones:** En un motor de combustión interna, el aire y el combustible entran al motor donde se produce la combustión y de ahí se generan gases, los cuales son llevados a través del tubo de escape y algunas veces a través de un mecanismo de control como un catalizador. La combustión es una reacción química y como tal, es evaluada a través de parámetros de consumo de reactivos y cálculos estequiométricos los cuales no son otra cosa que la estimación de las cantidades de todas las sustancias que participan en cualquier proceso o reacción química.

**Emisiones por el Tubo de Escape:** El tubo de escape es la principal fuente de contaminación procedente de los vehículos ya que desde allí son emitidos el total de monóxidos de carbono y óxidos de nitrógeno y la mitad de los hidrocarburos que produce el vehículo.

La relación de combustión estequiométrica es la proporción teórica y por lo tanto óptima entre la masa de aire y la de combustible, para obtener como únicos productos de combustión agua y dióxido de carbono, para motores diesel dicha proporción es de 14.5:1 y para motores con gasolina sin sistemas de control es de 14.7:1; en los motores modernos que cuentan con sistemas de control de emisiones y que funcionan con gasolina, la relación estequiométrica manejada no se define de acuerdo a la calidad de la combustión sino a la disminución en el

---

<sup>7</sup> <http://www.mailxmail.com/curso-motores-combustion-interna/alimentacion-combustible-gaseoso>

oxígeno presente en los gases de combustión para disminuir la generación de los óxidos de nitrógeno.

De igual forma, existe otro parámetro para determinar la calidad de la combustión y se conoce como “factor lambda” y se denota por la letra griega ( $\lambda$ ); el factor mide “el grado de idealidad de la combustión”, ya que relaciona la cantidad de aire disponible para la reacción y la cantidad de aire teórica necesaria, estimada a través de cálculos estequiométricos (relación estequiométrica).

El factor lambda ( $\lambda$ ) y la relación estequiométrica aire/combustible son parámetros decisivos en la cantidad de contaminantes emitidos por los vehículos.

Sin contar con los sistemas de control de emisiones en los motores de los vehículos más modernos, para mezclas ricas ( $\lambda < 1$ ) se tiene que:

- Se aumenta el contenido de CO en los gases de escape
- Se disminuye el contenido de CO<sub>2</sub>
- Se aumentan los hidrocarburos (HC) al haber un quemado incompleto del oxígeno
- Se disminuyen las emisiones de NO<sub>x</sub>

De igual forma, para mezclas pobres ( $\lambda > 1$ ) se tiene que:

- Se disminuye el contenido de CO en los gases de escape
- La concentración de CO<sub>2</sub> alcanza el valor máximo con un  $\lambda$  ligeramente superior a 1, pero luego vuelve a disminuir
- La concentración de hidrocarburos disminuye hasta un  $\lambda$  de 1.2, sin embargo para mezclas muy pobres ( $\lambda > 1.2$ ) se pueden tener retrasos en la combustión y se aumentan los HC emitidos.
- Los NO<sub>x</sub> aumentan hasta un  $\lambda$  de 1.1 de ahí en adelante estos disminuyen puesto que se disminuye la temperatura de combustión aunque exista exceso de oxígeno en el escape.

Los vehículos a carburador y con sistemas aire/combustible controlados por computador con fabricación anterior al año 2000 se benefician más del uso de gasolinas oxigenadas que los vehículos con tecnologías más recientes, puesto que los sensores de oxígeno del exhosto ajustan la mezcla aire/combustible para mantener un  $\lambda$  constante.

Uno de los factores más importantes para minimizar las emisiones producidas en un motor alimentado con gasolina es mantener la relación aire/combustible cercana a la condición estequiométrica. Esta relación se controla en los vehículos con el sistema fuel injection, el cual introduce una cierta cantidad de combustible en la corriente de aire antes de cada ciclo de combustión, puesto que la tasa de flujo de aire en la cámara de combustión cambia a medida que se acelera o desacelera el vehículo.<sup>8</sup>

**1.2.2.3 Fuentes de área.** Las fuentes de área representan las emisiones de las fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera eficiente en una estimación de fuentes puntuales. Sin embargo, en conjunto las fuentes de área son emisoras significativas de contaminantes del aire los que deben incluirse en una estimación de emisiones para asegurar que esté completo. Por ejemplo, con frecuencia las estaciones de servicio y las panaderías se tratan como fuentes de área. Por lo general estas instalaciones no se incluyen en los inventarios de fuentes puntuales debido al enorme esfuerzo que se requeriría para recopilar los datos y estimar las emisiones de cada planta individual. Las fuentes móviles que no circulan por carreteras a menudo se incluyen en las fuentes de área estacionarias sobre todo debido a que los métodos usados para estimar las emisiones de fuentes de área y fuentes móviles que no

---

<sup>8</sup> manual de inventario de fuentes móviles Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial página:11 a la 13

circulan por carreteras son muy similares. En contraste, la metodología de estimación aplicada a los vehículos automotores es muy diferente.

**1.2.2.4 Fuentes naturales.** Además de las actividades humanas, los fenómenos naturales y la vida, tanto animal como vegetal pueden desempeñar un papel importante en el problema de la contaminación del aire. En algunas áreas en las que las emisiones de fuentes naturales pueden ser significativas para una estimación global es importante comprender cuál es su contribución dado que por lo general, la instrumentación de estrategias de control no puede reducirlas con facilidad. A continuación se describen dos fuentes naturales de importancia que a menudo se consideran en las estimaciones de emisiones al aire.

- **Emisiones Biogénicas:** Un gran número de investigadores han establecido que la vegetación (e. g., hierba, cultivos, arbustos, bosques, etc.) emiten cantidades significativas de hidrocarburos a la atmósfera. Varios estudios (e. g., Pierce et al., 1990; Robinson y Robbins, 1968) han demostrado que las emisiones biogénicas pueden compararse, o rebasar, las emisiones de hidrocarburos no metano (NMHC, por sus siglas en inglés) de fuentes antropogénicas en ciertas áreas.
- **Emisiones de Suelos:** El óxido nitroso ( $N_2O$ ) es producido de manera natural en los suelos por desnitrificación y por nitrificación; además los fertilizantes nitrogenados comerciales constituyen una fuente adicional de nitrógeno, incrementando así las emisiones de  $N_2O$  del suelo. La tasa de emisiones de  $NO_x$  de los suelos también dependen de otras variables como el tipo de suelo, la humedad, la temperatura, la estación, el tipo de cultivo y otras prácticas agrícolas.

**1.2.3 Tipo y características de combustibles.** Resultan necesarios términos y definiciones para describir las emisiones procedentes de las actividades de quema del combustible de forma coherente.

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se logra quemar, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una energía química). En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse. Hay varios tipos de combustibles. Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor. La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna.

Los combustibles fósiles son mezclas de compuestos orgánicos mineralizados que se extraen del subsuelo con el objeto de producir energía por combustión. El origen de esos compuestos son seres vivos que murieron hace millones de años. Se consideran combustibles fósiles al carbón, procedente de bosques del periodo carbonífero, el petróleo y el gas natural, procedentes de otros organismos. Entre los combustibles más utilizados se encuentran el gas butano, el gas natural y el gasóleo.

### **Gas Natural**

Debe incluir el gas natural mezclado (a veces también denominado «Gas ciudad» o gas para consumo humano), un gas de alto valor calórico obtenido como mezcla de gas natural con otros gases derivados de otros productos primarios y suele distribuirse por la red de distribución de gas natural (p. ej. metano de las capas de carbón). El gas natural mezclado debe incluir al gas natural sustituto, un gas de

alto valor calórico, fabricado por conversión química de un combustible fósil de hidrocarburo, en el que las principales materias primas son: gas natural, carbón, petróleo y esquisto bituminoso.

El valor medio de la capacidad calorífica es de 161,5 BTU/gal<sup>9</sup>. El gas extraído por Ecopetrol varía con su poder calorífico bruto entre 996.2 BTU/m<sup>3</sup> y 1238.8 BTU/m<sup>3</sup> dependiendo del pozo donde se extrae.

### **Carbón Mineral**

El carbón mineral es una roca sedimentaria muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil, en los que podemos encontrar:

- Carbón de coque: Carbón bituminoso cuya calidad permite producir un coque adecuado para una carga de alto horno. Su valor calórico bruto es mayor que 23 865 kJ/kg (5 700 kcal/kg) en una base sin ceniza pero húmeda.
- Otro carbón bituminoso: Se utiliza para la generación de vapor e incluye todo el carbón bituminoso no incluido en la categoría carbón de coque. Se caracteriza por tener más materia volátil que la antracita (más del 10 por ciento) y menor contenido de carbono (menos del 90 por ciento de carbono fijo). Su valor calórico bruto es mayor que 23 865 kJ/kg (5 700 kcal/kg) en una base sin ceniza pero húmeda.
- Carbón sub-bituminoso: Carbón no aglomerante con un valor calórico bruto comprendido entre los 17 435 kJ/kg (4 165 kcal/kg) y los 23 865 kJ/kg (5700 kcal/kg) que contiene más del 31 por ciento de materia volátil sobre una base libre de materia mineral seca.
- Coque para horno de coque y Coque de lignito: El coque para horno de coque es el producto sólido que se obtiene por carbonización del carbón, principalmente del carbón de coque, a alta temperatura. Tiene un nivel bajo

---

<sup>9</sup> U P M E UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA TALLER DE ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS JOINT OIL DATA INITIATIVE (JODI) Ing. Enrique Garzón Lozano Asesor SIEE Colombia enrique.garzon@upme.gov.co Caracas, 15 de Agosto de 2006

de materia volátil y contenido de humedad. Se incluye también el semi coque, producto sólido que se obtiene de la carbonización del carbón a baja temperatura, coque de lignito, semi coque hecho con lignito/carbón de lignito, cisco de coque y coque de fundición. Se lo conoce también como coque metalúrgico.

### **Biomasa**

Incluye la materia vegetal utilizada directamente como combustible aún no incluida en la madera/los desechos de madera ni en la lejía de sulfito. Se incluyen los desechos vegetales, materia/desechos animales, y otra biomasa sólida. Esta categoría incluye las entradas no madera a la producción del carbón vegetal (p. ej., la corteza del coco) pero deben excluirse todas las demás sustancias para alimentación de procesos para la producción de biocombustibles.

La cascarilla de palma es un combustible que permite garantizar unas emisiones atmosféricas muy por debajo de lo estipulado en la normatividad vigente y disminuye de esta forma el impacto negativo relacionado con la producción de vapor.

### **Diesel Oil:**

Incluye los gasóleos pesados. Los gasóleos se obtienen de la mínima fracción de la destilación atmosférica del petróleo crudo, mientras que los gasóleos pesados se obtienen por redestilación en vacío del residual de la destilación atmosférica. El gas/diesel oil se destila entre los 180 °C y los 380 °C. Se encuentran disponibles diversas leyes según las aplicaciones: diesel oil para chispa de compresión diesel (automóviles, camiones, marítimo, etc.), aceite ligero para calefacción para aplicaciones industriales y comerciales, y otro gasóleo incluidos los gasóleos pesados que se destilan a una temperatura entre 380 °C y 540 °C y se utilizan como sustancias petroquímicas para la alimentación a procesos.

En Colombia podemos encontrar dos categorías: los aceites destilados y los aceites residuales. Estos aceites se diferencian más a fondo por el grado del combustible, por ejemplo los aceites destilados se distinguen con No. 1 y No. 2 y los aceites residuales se identifican con el No. 5 y 6; el destilado No. 4 corresponde a una mezcla del aceite destilado y de aceites residuales. Los aceites destilados como la gasolina el diesel y el queroseno son más volátiles y menos viscosos que los aceites residuales como son el combustóleo y el crudo. Los primeros tienen un contenido insignificante de nitrógeno y ceniza y contienen generalmente menos de 0.3 por ciento en peso de sulfuro. Los aceites destilados se utilizan principalmente en usos comerciales y domésticos. Siendo más viscosos y menos volátiles que los aceites de destilado, los aceites residuales más pesados (No. 5 y 6) pueden necesitar ser calentados para facilitar la atomización apropiada. Estos contienen cantidades significativas de ceniza, nitrógeno, y de sulfuro. Los aceites residuales se utilizan principalmente en los usos comerciales y grandes industrias<sup>10</sup>.

Tabla 1. Características del Diesel.

COMBUSTIBLE	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	Poder calorífico inferior (LHV) KJ/Kg	Poder calorífico inferior (LHV) BTU/gal
Fuel Oil No. 2 ACPM o Diesel	866	44726	131702

Especificaciones técnicas de los combustibles de ECOPETROL en las fichas técnicas (<http://www.ecopetrol.com.co/>), Fuel Oil No 2 como ACPM o Diesel.

### Óleos de desecho

Óleos usados (p. ej., lubricantes de desecho) que se queman para la producción de calor.

<sup>10</sup> ACTUALIZACIÓN INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ 2007, página 1-23.

### **Gases licuados de petróleo**

Constituyen la fracción de hidrocarburos ligeros de la serie de parafina, derivada de los procesos de refinación, las plantas de estabilización del petróleo crudo y las plantas de procesamiento del gas natural que comprende propano ( $C_3H_8$ ) y butano ( $C_4H_{10}$ ) o una combinación de ambos. Normalmente se licuan a presión para el transporte y almacenamiento.

Este gas, es obtenido primeramente de los pozos de gas y también, en un grado inferior, como subproducto de las refinaciones. El poder calorífico típico para el GLP producido por ECOPETROL es de 83,528 BTU/galón; para el butano de categoría normal (EPA), el valor es 97.400 BTU/galón

### **Gasolina para motores**

Se trata de un hidrocarburo ligero para usar en los motores de combustión interna como los automotores, con exclusión de las aeronaves. La gasolina para motores se destila entre los 35 °C y los 215 °C y se utiliza como combustible para los motores de encendido por chispa basados en tierra. La gasolina para motores incluye aditivos, oxigenados y mejoradores de los octanos, incluidos los compuestos de plomo tales como el TEP (plomo tetraetilo) y el TMP (plomo tetrametilo).

En Colombia encontramos dos tipos de gasolina que se le denomina comercialmente gasolina corriente y gasolina extra, la diferencia entre una y otra es el índice antidetonante que es de 81 y 87 octanos respectivamente, el índice es una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor capacidad antidetonante.

### **Gas natural licuado (GNL)**

Constituyen el GNL los hidrocarburos líquidos o licuados producidos por la fabricación, purificación y estabilización del gas natural. Son partes del gas natural recuperadas como líquido en los separadores, las instalaciones de campo o las

plantas de procesamiento del gas. El GNL incluye, sin carácter taxativo, etano, propano, butano, pentano, gasolina natural y condensado. También puede incluir pequeñas cantidades de no hidrocarburos.

### **Características de los combustibles**

Como se ha venido citando la principal característica de un combustible es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) de combustible. Este calor o poder calorífico, también llamado capacidad calorífica, se mide en julios (joule en inglés), calorías o BTU, dependiendo del sistema de unidades. Para esto se usa la denominación poder calorífico superior(HHV) o Valor calórico Bruto (VCB) para el calor verdaderamente producido en la reacción de combustión y poder calorífico inferior (LHV) o Valor calórico Neto (VCN) para el calor realmente aprovechable, el producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua y otros procesos de pequeña importancia. La diferencia que existe entre el VCN y el VCB es el calor latente de vaporización del agua producido durante la quema de combustible. Como consecuencia, para el carbón y el petróleo, el VCN es alrededor de un 5 por ciento menor que el VCB. Para la mayoría de las formas de gas natural y manufacturado, el VCN es alrededor de 10 por ciento menor y para la madera seca un 20 por ciento inferior al valor calórico bruto.

Los datos relativos a la energía, la producción y el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos se especifican en unidades físicas, por ejemplo en toneladas o metros cúbicos. Para convertir estos datos en unidades comunes de energía, p. ej., julios, se requieren valores calóricos. En las Directrices del IPCC se utilizan los valores calóricos netos (VCN) expresados en unidades de SI o múltiplos de las unidades de SI (por ejemplo, Tera julios/Mega gramos TJ/Mg). La

tabla 2 presenta un algoritmo para la conversión si se conocen las características del combustible (contenido de humedad, de hidrógeno y de oxígeno)<sup>11</sup>.

Tabla 2. Conversión entre valores calóricos brutos y netos

<p>Unidades: MJ/kg – Mega julios por kilogramo; 1 MJ/kg = 1 Giga julio/tonelada (GJ/tonelada).</p> <p>VC bruto (VCB) o «valor de calentamiento mayor» (VCM) es el valor calórico en condiciones de laboratorio.</p> <p>VC neto (VCN) o «valor de calentamiento menor» (VCMen) es el valor calórico útil en la planta de la caldera. La diferencia es básicamente el calor latente del vapor de agua producido.</p> <p>Conversiones - Bruto/Neto (según ISO, para las cifras según se recibe*) en MJ/kg:</p> <p style="text-align: center;"><b><math>VC_{neto} = VC_{bruto} - 0,212H - 0,0245M - 0,008Y</math></b></p> <p>Donde M es el porcentaje de humedad, H es el porcentaje de hidrógeno, Y es el porcentaje de oxígeno (del análisis definitivo que determina la cantidad de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre) según se recibe (es decir, incluye la humedad total (TM)).</p>
--

Fuente: Instituto mundial del carbón (World Coal Institute)

(<http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=190>), que proporciona más detalles.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales presenta a la Unidad de Planeación Minero Energética el cálculo de los poderes caloríficos:

Para sólidos y líquidos:

$$\text{Poder calorífico superior (HHV)} = 34.8 \cdot C + 93.8 \cdot H + 10.44 \cdot S + 6.28 \cdot N - 10.8 \cdot O + 2.5 \cdot (9 \cdot H)$$

---

<sup>11</sup> Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero capítulo 1 volumen 2

Poder calorífico inferior (LHV)=  $34.8 \cdot C + 93.8 \cdot H + 10.44 \cdot S + 6.28 \cdot N - 10.8 \cdot O - 2.5 \cdot W$

En donde W es el contenido de agua. Si los valores para Carbón(C), Hidrogeno (H), Azufre (S) y Oxigeno(O), están dados en porcentaje en peso (kg/kg), el poder calorífico se expresa en MJ/kg de combustible.

Para gases:

Poder calorífico superior (HHV) =  $12.745 \cdot H_2 + 39.819 \cdot CH_4 + 70.293 \cdot C_2H_6 + 63.429 \cdot C_2H_4 + 58.473 \cdot C_2H_2 + 101.234 \cdot C_3H_8 + 93.576 \cdot C_3H_6 + 134.128 \cdot C_4H_{10n} + 133.256 \cdot C_4H_{10i} + 125.919 \cdot C_4H_8 + 12.633 \cdot CO + 25.394 \cdot H_2S$

Poder calorífico inferior (LVH) =  $10.784 \cdot H_2 + 23.413 \cdot H_2S + 12.633 \cdot CO + 35.885 \cdot CH_4 + 56.494 \cdot C_2H_2 + 59.476 \cdot C_2H_4 + 64.349 \cdot C_2H_6 + 87.578 \cdot C_3H_6 + 93.213 \cdot C_3H_8 + 117.771 \cdot C_4H_8 + 123.883 \cdot nC_4H_{10} + 123.053 \cdot iC_4H_{10}$

Si los valores de los gases corresponden a la composición volumétrica ( $m^3/m^3$ ), el volumen se expresa en MJ/ $m^3$  de combustible.

**1.2.4 Formación de Emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O).** Los procesos de combustión se optimizan para derivar la cantidad máxima de energía por unidad de combustible consumido, con lo que se logra la máxima cantidad de CO<sub>2</sub>. La quema eficaz del combustible garantiza la oxidación de la máxima cantidad de carbono disponible en el combustible, por lo tanto, la formación de este gas es relativamente insensible a la tecnología que se este utilizando.

La formación de N<sub>2</sub>O durante el proceso de combustión se rige por una serie compleja de reacciones y depende de muchos factores. La formación de N<sub>2</sub>O se reduce al mínimo cuando las temperaturas de combustión se mantienen elevadas (por encima de 1475°F o 802°C) y el exceso de aire se mantiene a un mínimo

(menos del 1 por ciento). La toma de muestras y la investigación son necesarias para caracterizar completamente las emisiones de  $N_2O$  y entender el mecanismo de formación de estas. Las emisiones pueden variar ampliamente de una tecnología a otra, o incluso de la misma tecnología en diferentes condiciones de operación.

Las emisiones de metano varían de acuerdo al tipo de combustible y configuración de la tecnología utilizada, pero son más altas durante períodos de una combustión incompleta o de la combustión a baja temperatura, tales como la puesta en marcha o la parada del ciclo. Por lo general, las condiciones que favorecen la formación de  $N_2O$  también favorecen las emisiones de  $CH_4$ .

**1.2.5 Año base.** El año base identifica el año para el cual se estiman las emisiones y determina la posición de la estimación en el tiempo. Esto da una marca fija para comparar las estimaciones previas y las subsecuentes. Es importante establecer un año base de manera que todas las estimaciones de emisiones tengan una base común y representen las actividades que ocurren durante el mismo periodo de tiempo.

Se puede usar cualquier año como base de una estimación pero en general, esto lo determina el propósito establecido de la estimación. Por ejemplo, si se desea ver los efectos de las estrategias de control instrumentadas recientemente el año base será algún año previo a la instrumentación de dichas estrategias. Para haber una comparación de los niveles actuales de emisión con los niveles históricos se puede usar un año base en el pasado. El año base también podría ser determinado por varios requerimientos regulatorios. La razón principal para esto es que las estimaciones de emisiones de diferentes regiones se pueden comparar fácilmente entre sí y con las normas regulatorias. En otros casos, la disponibilidad de datos puede determinar cuál es el año base de una estimación. Sin embargo, la disponibilidad de datos puede determinar cuál es el año base de una estimación.

**1.2.6 Características relacionadas con el tiempo.** Hay dos características principales relacionadas con el tiempo que deben considerarse para cada estimación: el periodo de tiempo y la variabilidad temporal. Otras características menores pueden ser aplicables para algunas estimaciones. El periodo de tiempo se refiere al lapso representado por la estimación. Las emisiones de las estimaciones se presentarán en unidades de masa del contaminante por periodo de tiempo de la estimación (e. g., ton de CO<sub>2</sub>/año). Para muchas estimaciones a gran escala, el periodo de tiempo será, por lo general, de un año. Sin embargo, en algunas aplicaciones especializadas se pueden requerir periodos más cortos (e. g., un día, un mes, etc.).

La variabilidad temporal describe la variabilidad de las emisiones en el tiempo. Si las emisiones son constantes en el tiempo, esta variabilidad no es de gran interés. Sin embargo, la mayor parte de las emisiones cambian con el tiempo. Dependiendo de los requerimientos de la estimación asociados con su propósito puede ser necesario describir las variaciones de las emisiones en base estacional, mensual o diaria. Incluso, algunas estimaciones especializadas pueden requerir emisiones en base horaria (o en periodos más cortos). Por ejemplo, las emisiones de los vehículos automotores que circulan por carreteras varían en diferentes periodos de tiempo debido a los diferentes niveles de actividad. Las emisiones vehiculares entre semana pueden ser mayores que en fines de semana debido a los elevados niveles de actividad vehicular asociados con el traslado hacia y desde el trabajo. Asimismo, es probable que las emisiones en la mañana y en las primeras horas de la tarde sean más altas que las emisiones al mediodía o a la medianoche, debido a las horas pico caracterizadas por el gran número de viajes. Debido a que la distribución temporal de la actividad vehicular específica para cada área metropolitana (AM) puede distribuirse de manera diferente; Dependiendo del propósito del inventario puede ser necesario considerar una o más de estas variabilidades temporales

**1.2.7 Características espaciales.** En cualquier estimación hay dos características espaciales principales: el dominio de la estimación y la resolución espacial. El dominio de la estimación representa el área para la cual se van a inventariar las fuentes de contaminantes del aire. A veces este dominio se determina por el propósito de la estimación. Con frecuencia, el dominio de la estimación corresponde a las fronteras políticas, geográficas o las de las agencias responsables de la calidad del aire dependiendo de la aplicación de la estimación, además puede ser necesario tratar aquellas fuentes externas al dominio definido de la estimación, si estas tienen influencia sobre la calidad del aire de la zona a evaluar por transporte meteorológico.

La resolución espacial indica como debe definirse la localización geográfica de las fuentes de contaminación. A veces las estimaciones básicas dan solamente los totales de contaminantes para todo el dominio de la estimación; sin embargo, las estimaciones más complejas, en particular aquellas asociadas con modelado de la calidad del aire, requieren con frecuencia una descripción más detallada de la distribución de las emisiones.

**1.2.8 Aseguramiento de calidad.** El aseguramiento de la calidad (AC) es un elemento indispensable de cualquier estimación de emisiones, sin importar el tipo de estimación que se trate se necesita el AC; sin embargo, la cantidad y enfoque del AC es variable y depende del propósito específico de la estimación. Por ejemplo, una estimación detallada para modelado a gran escala por lo general requiere mucho más AC que una estimación de reporte a nivel planta; además, si un tipo de fuente en particular ya ha sido identificado de manera preliminar como una gran fuente de contaminantes, se podrían dirigir más recursos de AC a este tipo de fuente que a otros que sean menores.

El AC debe llevarse a cabo durante todo el desarrollo de la estimación y no como una ocurrencia de última hora. Algunos ejemplos de actividades de AC incluyen:

- El uso de una lista de verificación de las categorías de fuente confirma que todas las categorías de fuente necesarias han sido incluidas en la estimación.
- Revisar los resultados de los muestreos y los datos de actividad buscando aquellos valores que estén fuera de lugar, antes de calcular las emisiones.
- Confirmar que todos los cálculos de emisión se han hecho de manera apropiada.
- Comparar los resultados de la estimación con los de otras estimaciones en regiones similares.

Hay también muchas otras actividades de AC no enlistadas anteriormente que pueden ayudar a garantizar una estimación de emisiones de alta calidad. Aunque los resultados de una estimación pueden afectar la manera en que se lleve a cabo el AC durante el desarrollo de la estimación, los recursos necesarios para esta deben identificarse desde el principio.

**1.2.9 Manejo de datos.** Otra característica esencial de una estimación de emisiones es el manejo de datos requerido. Con el uso tan extendido de las computadoras y con el aumento en los requerimientos de datos, en la actualidad virtualmente todos los datos de una estimación se manejan de manera electrónica.

Se debe analizar si el manejo de datos se hace usando una aplicación de tipo hoja de cálculo o una de base de datos. Las primeras tienden a ser más fáciles de usar pero las bases de datos son mucho más poderosas. El método de transferencia de la información relativa a los resultados de la estimación y de cualquier requerimiento de confidencialidad de los datos también debe establecerse al principio del proceso de desarrollo de la estimación. El propósito de la estimación ayudará a determinar el tipo de manejo de datos requerido. Por ejemplo, una estimación usada para alimentar un modelo de calidad del aire puede requerir un manejo de datos diferente al manejo de datos para una estimación diseñada para

el cumplimiento regulatorio. Por lo demás, los usos esperados para la estimación en el futuro también pueden influir en el tipo de manejo de datos seleccionado.

**1.2.10 Proyecciones.** Las proyecciones predicen una estimación para un año base, hacia delante o hacia atrás en el tiempo. El uso de las proyecciones se determina principalmente por el propósito de la estimación. En muchas estimaciones no se desarrollan emisiones proyectadas. Las proyecciones se usan sobre todo para rastrear las tendencias pasadas y futuras de las emisiones debido al crecimiento de la actividad y a las estrategias de control instrumentadas. También se usan las proyecciones en los análisis teóricos de diversas estrategias de control propuestas para futura instrumentación. Por ejemplo, las proyecciones podrían usarse para estimar las futuras emisiones de los vehículos automotores con base en el crecimiento esperado de la población. De manera semejante, las proyecciones se pueden usar para rastrear la reducción estimada en las emisiones debidas a la propuesta de introducción de pinturas reformuladas con menor contenido de solventes. Por lo general, las proyecciones de crecimiento de las emisiones se basan en las proyecciones de crecimiento de otros sustitutos (e. g., población, actividad económica, etc.). Las proyecciones de control, por otro lado, se basan a menudo en las reducciones estimadas por las estrategias de control. Las metodologías de proyección y los datos requeridos deben ser establecidos en las primeras etapas del proceso de desarrollo de la estimación

**1.2.11 Estimación de la incertidumbre.** La característica final de una estimación de emisiones es la estimación de la incertidumbre, lo cual es una valiosa herramienta para evaluar la exactitud de una estimación de emisiones.

La incertidumbre puede estimarse cuantitativa o cualitativamente; sin embargo, las estimaciones cuantitativas son poco frecuentes y existen varias razones, en primer lugar, no existe un método acordado para hacer estimaciones cuantitativas de la incertidumbre, el cálculo de estimaciones cuantitativas de la incertidumbre puede

ser un proceso muy complejo desde el punto de vista estadístico y por último, a menudo se requiere un gran número de suposiciones para hacer estimaciones cuantitativas de la incertidumbre.

En general, cuando se hacen estimaciones de la incertidumbre éstas son de naturaleza más bien cualitativa. Éstas pueden centrarse en las metodologías, en los datos de actividad, en los datos relacionados con las emisiones, en las suposiciones subyacentes o en otros componentes del desarrollo de inventarios.

### **1.3 DETERMINAR LAS FUENTES DE DATOS Y SELECCIONAR LAS TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.**

Una vez que se han establecido las características que se requieren es necesario determinar las fuentes de datos relacionados con las emisiones, así como seleccionar las técnicas y métodos más adecuados para estimarlas.

Por lo general estos dos pasos están interrelacionados y en algunos casos, la disponibilidad de los datos determinará qué métodos de estimación son factibles, en otros casos, una cierta técnica que se desee usar determinará el tipo de datos que deben recopilarse.<sup>12</sup>

### **1.4 RECOPIRAR DATOS RELACIONADOS CON LAS EMISIONES Y DATOS DE ACTIVIDAD.**

Después de identificar las fuentes de datos y las metodologías de estimación se deben recopilar los datos relevantes. Estos datos se pueden capturar de varias maneras, en el caso de pequeñas estimaciones la mejor forma es por medio de visitas a las plantas o establecimientos a inventariar pues esto puede ser una forma de disminuir la incertidumbre en la información; sin embargo, para estimaciones regionales a gran escala esto puede resultar un trabajo largo y tedioso, motivo por el cual se suele enviar encuestas a los establecimientos para

---

<sup>12</sup> Programa de Inventarios de Emisiones de México Volumen II – Fundamentos del Inventario de Emisiones

recopilar la información. Los datos relacionados con las emisiones incluyen factores de emisión, datos de muestreos en la fuente y parámetros de los modelos de factores de emisión, es posible que algunos de los datos relacionados con las emisiones ya existan mientras que otros necesiten desarrollarse para usarlos en una estimación específica.

Por lo general los datos de actividad incluyen información sobre las horas de operación, el consumo de combustibles y otras medidas de la actividad de los procesos para fuentes identificadas. Debido a que tanto los datos relacionados con las emisiones como los datos de actividad son necesarios para estimar las emisiones, con frecuencia estos dos pasos se ejecutan de manera simultánea.

### **1.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA FUENTES PUNTUALES.**

Para captura de información requerida por las estimaciones de fuentes, actualmente se dispone de tres tipos de mecanismos de búsqueda:

- Expedientes
- Encuestas
- Sistemas de Información

A través del IDEAM se ha creado actualmente a nivel nacional el Modulo sobre el Uso del Recurso – MUR el cual se ha venido implementando en algunas de las Corporaciones Autónomas Regionales.

Como tarea preliminar a la revisión de estas fuentes, se debe realizar el listado de las empresas que se tienen en la base de datos del inventario con el fin de conocer los tipos de fuentes existentes en el área a inventariar, cuáles fuentes poseen expedientes y con qué tipo de información se cuenta para luego realizar la planeación de la recolección de la información.

A partir de las fuentes de datos antes mencionadas, la recolección se debe realizar en dos etapas como son: Revisión de expedientes en las oficinas de la autoridad ambiental y elaboración, envío y seguimiento de encuestas a empresas.

### **1.5.1 Revisión de Expedientes en las Oficinas de la Autoridad Ambiental.**

Para esta fase del proyecto, se deben planear visitas a los archivos de la autoridad ambiental, con el fin de hacer una revisión completa de los datos recolectados por los funcionarios del área técnica de la entidad en sus visitas de campo. Esta labor permitirá que los esfuerzos en las actividades posteriores sean menores. De otro lado, se deben realizar entrevistas con los funcionarios encargados de la gestión ambiental e indagar sobre proyecciones futuras de la planta, nuevas fuentes o aumento de los niveles de material emitido.

Se debe observar que no todas las fuentes de emisión, incorporadas a la base de datos del inventario, ni las futuras fuentes, tienen necesariamente expediente abierto en la Entidad de Manejo del Recurso<sup>13</sup>.

### **1.6 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA FUENTES MÓVILES.**

Las fuentes de datos para la estimación por fuentes móviles varían de acuerdo al grado de complejidad con que se quiera llevar a cabo la modelación pero en términos generales se puede contar con:

- Oficinas de tránsito (archivos de vehículos matriculados)
- Instituto Nacional de Vías (Datos de vías primarias, planos de ubicación, Tiempo Promedio Diario (TPD) vehicular)
- Secretarías de planeación municipal (Informes de Planes Viales del Municipio con información de redes viales urbanas)
- Oficina de planeación departamental (Información de vías secundarias y terciarias, como longitudes y mapas. Actualmente no se cuenta con estudios de TPD para estas vías)
- IDEAM (datos de meteorología para el modelo)
- ECOPETROL S.A (tipos y composiciones de combustibles en uso en la jurisdicción)

---

<sup>13</sup> Manual de inventario bases técnicas Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 11

Además de la información obtenida a partir de entidades del sector público, es necesario recopilar alguna información mediante algunos métodos como:

- Encuestas (datos secundarios de los modelos de emisión)
- Conteos de TPD particulares
- Evaluación de velocidades de tráfico en vías específicas

Si se cuenta con los recursos necesarios se pueden llevar estudios en cuanto a poder específico de los vehículos o incluso hallar Tasas Básicas de Emisión (TBE) mediante pruebas dinamométricas a los vehículos. Este tipo de información comprende un estudio detallado adicional que va a requerir una inversión económica alta igual que inversión de tiempo de trabajo, por tanto, se considera, en la mayoría de los casos, extrapolar datos de otras ciudades con características similares a la del estudio y que posean dicha información<sup>14</sup>.

### **1.7 CALCULAR LAS ESTIMACIONES DE EMISIONES.**

Una vez que se han recopilado todos los datos necesarios se hacen los cálculos de emisión específicos. Estos cálculos se realizan conforme a la técnica o metodología de estimación de emisiones seleccionada.

### **1.8 DOCUMENTAR RESULTADOS.**

El último paso del desarrollo de una estimación de emisiones es la documentación de resultados. Además de los resultados reales del inventario la documentación también debe incluir las metodologías, datos y suposiciones que se usaron en el proceso de desarrollo. En general, se debe proporcionar información suficiente para permitir que otras partes interesadas reproduzcan y analicen los resultados. La documentación de la estimación sirve como una referencia importante para las futuras estimaciones

---

<sup>14</sup> Manual de inventario bases técnicas Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial página 14

## 2. TÉCNICAS PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.

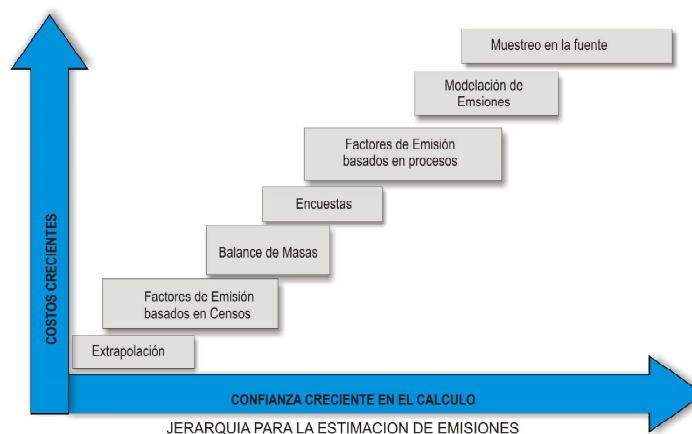
Para este campo existen diferentes métodos de evaluación para las emisiones de material contaminante hacia la atmósfera, entre las cuales se tienen:

- Monitoreo en la fuente.
- Balance de Masas.
- Empleo de Factores de Emisión.
- Caracterización de combustibles.
- Modelos Matemáticos que permiten estimar la dispersión de las emisiones.
- Extrapolación de valores.

Se escoge el método teniendo en cuenta la necesidad del estudio, si estos son requeridos por la autoridad ambiental entonces se debe dar prioridad a la medición directa porque representa resultados mas confiables, si esto no es posible se utilizan otros métodos como factores de emisión o balance de masas.

La Figura 4 muestra la estructura jerárquica que permite escoger el método de estimación de emisiones acorde con el grado de confiabilidad y costo.

Figura 4. Jerarquía para la estimación de emisiones



Fuente. Manual de inventario bases técnicas Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 16

## **2.1 MUESTREO EN LA FUENTE.**

**2.1.1 Medición continua de emisiones.** La medición directa se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales. El primer procedimiento corresponde a la captura de la muestra en la chimenea o ducto de la fuente, para su posterior análisis en laboratorio. El analizador instrumental es un equipo que mide directamente la concentración de los contaminantes en la chimenea o ducto de emisión. Este equipo se puede emplear de manera eventual o permanente. Cuando se emplea de manera permanente el analizador forma parte de un sistema que recibe el nombre de sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS por sus siglas en inglés Continuous Emission Monitoring Systems). Los cuales corresponden a sistemas de monitoreo automatizados, que operan en línea por largo tiempo pero con períodos de muestreo muy cortos. Tales sistemas permiten monitorear y almacenar las mediciones en tiempo real y por períodos prolongados de operación.

Sin embargo, únicamente serán válidos aquellos resultados obtenidos mediante la aplicación de analizadores instrumentales, cuando el método aplicado permita el uso de los mismos, caso en el que se deberán cumplir todas las especificaciones del método<sup>15</sup>.

**2.1.2. Muestreo Isocinético.** Debido a la complejidad técnica del muestreo en la fuente, se requiere de tiempo y equipos especializados para obtener datos de emisiones con altos grados de exactitud y válidos para numerosos contaminantes de una fuente. En consecuencia, el costo de realizar un muestreo de este tipo en una planta puede ser muy alto; sin embargo, si se aplica correctamente, este

---

<sup>15</sup> Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. página 6

método puede proporcionar una mejor estimación de las emisiones de una fuente que los factores de emisión o los balances de masa.

El uso de datos de muestreo en la fuente reduce el número de suposiciones relacionadas con la aplicabilidad de factores de emisión, las eficiencias del equipo de control de contaminación atmosférica, las variaciones del equipo o las características del combustible que son aplicadas a tipos similares de fuentes de emisión.

Los datos de un muestreo en la fuente deben usarse para estimar emisiones sólo si los datos se obtuvieron en condiciones representativas de la operación normal del proceso; además, estos datos de emisión pueden extrapolarse para estimar las emisiones anuales de una fuente si la operación del proceso no varía de manera significativa.

La técnica de monitoreo isocinético permite evaluar las emisiones por chimenea y determinar el flujo de los gases efluentes de la misma, como también recoger emisiones de material particulado en el equipo de muestreo.

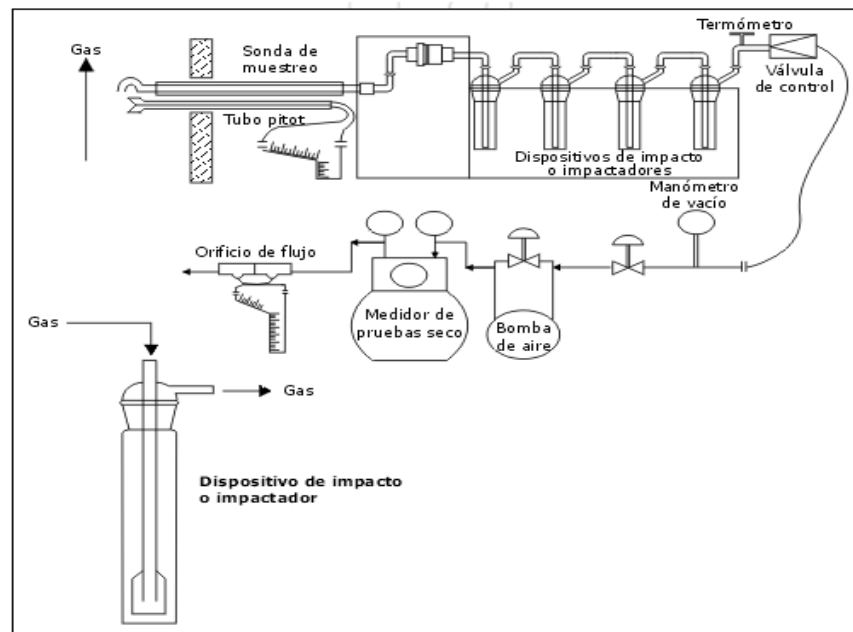
En esencia, el muestreo isocinético permite determinar la masa de contaminante por unidad de tiempo, de material emitido a través de un ducto o chimenea hacia la atmósfera. Para determinar la concentración de material emitido se hace pasar una muestra del gas efluente a través de un tren de muestreo durante un tiempo determinado. La cantidad de material emitido se determina por métodos químicos o instrumentales, para el caso de los gases.

### **Principio de funcionamiento**

La corriente de gas es succionada a través de la boquilla (Nozzle), conducida por la sonda (Probe) hacia la caja caliente (hot box) donde las partículas pasan a través de un filtro, en donde son removidas de la corriente gaseosa, luego el gas caliente pasa a una caja fría (cold Box) en donde se encuentran 4 percutores; los

dos primeros contienen cada uno 100 mililitros de agua destilada, el tercero se encuentra vacío y el último contiene 200 gramos de silica gel. Estos percutores se encuentran sumergidos en hielo el cual por diferencia de temperaturas causa condensación, tal como lo muestra la figura 5.

Figura 5. Equipo de Muestreo



Fuente: [http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta/lecc7/lecc7\\_4.html](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta/lecc7/lecc7_4.html)

El equipo cuenta con un cordón umbilical el cual conduce el gas que sale de la caja fría hacia la consola, que contiene en su interior un manómetro para determinar la caída de presión a través de un orificio y otro que marca la diferencia de presión del tubo de pitot en S, colocado junto con la boquilla en el interior de la chimenea; la succión para que el equipo funcione la realiza una bomba de vacío.

El muestreador contiene un medidor de gas seco en el cual se registra el volumen de aire succionado, el volumen de gas muestreado en función de su velocidad de salida y el diámetro de la chimenea. Durante el monitoreo se busca que la muestra de gas sea tomada a una velocidad aproximadamente igual a la de los gases de

salida por chimenea, con una variación permisible de más o menos 5%. Este criterio, que es un indicador de la buena calidad de un muestreo, debe cumplirse, y es lo que se denomina como Porcentaje de Isocinetismo.

### **Equipo analizador de gases**

El equipo analizador de gases (Figura 6) es un instrumento multifuncional, compacto tipo palm para la medición de diferentes tipos de gases. El equipo contiene un microprocesador que permite analizar el flujo de gas, un monitor de salida de resultados y la medición de parámetros ambiente. Cuenta con sensores electroquímicos internos que miden la concentración del oxígeno y monóxido de carbono (CO) del gas. La temperatura del gas y del aire es usada para el análisis del gas con el fin de calcular la eficiencia, el exceso de aire y la concentración de CO. El equipo también cuenta con sensores externos que están en capacidad de medir parámetros ambiente como humedad relativa, temperatura y CO ambiente.

Figura 6. Analizador de Gases



Fuente:

[http://www.eurotron.com/eurotron\\_sp/dettaglio\\_prodotto.aspx?ID=68&IdProdotto=62](http://www.eurotron.com/eurotron_sp/dettaglio_prodotto.aspx?ID=68&IdProdotto=62)

La EPA en el Código Federal de Regulaciones –CFR- 7 establece los métodos de muestreo para fuentes fijas cada uno de los métodos se describe brevemente a continuación<sup>16</sup>:

### **Método 1. Localización de los puntos de muestreo:**

Para obtener una medición representativa de las emisiones de los gases y/o los caudales de una fuente estacionaria, debe seleccionarse un sitio de medición en la chimenea en donde la corriente fluye en una dirección conocida. Se divide la sección transversal de la chimenea en un número de áreas iguales y se localiza un punto de travesía dentro de cada una de estas áreas iguales.

Este método es aplicable para corrientes de gas que fluyen en ductos y chimeneas. El método no puede ser usado cuando: (1) El flujo es ciclónico o turbulento, (2) El diámetro de la chimenea es inferior a 0.30 m ó tiene un área transversal inferior a 0.071 m<sup>2</sup>; o (3) El sitio de medición tiene menos de dos diámetros de chimenea o ducto corriente abajo o menos de medio diámetro corriente arriba después de una perturbación.

### **Método 2. Velocidad y Velocidad de Flujo Volumétrico:**

Este método de referencia permite determinar la velocidad de los gases de chimenea. Se procede a la medición de la temperatura y la velocidad mediante el medidor de flujo con un pitot tipo S.

Se requieren aproximadamente 30 minutos, debido a que la velocidad de muestreo depende de la velocidad de los gases se debe hacer un análisis preliminar antes de proceder con el análisis de los contaminantes. La velocidad de flujo determinada mediante este método es aproximadamente el +/- 10 por 100 de la velocidad de flujo volumétrico real.

---

<sup>16</sup> Manual de inventario bases técnicas Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 18

### **Método 3. Masa Molecular:**

Este se emplea para determinar las concentraciones de dióxido de carbono, oxígeno y la masa molecular en seco de la corriente de gas en la chimenea. En la técnica de muestreo, una probeta de muestreo se coloca en el centro de la chimenea, extrayéndose directamente y enviándose a un analizador Orsat para gases de combustión, con los datos de dióxido de carbono y oxígeno se puede determinar la masa molecular en seco de la corriente de gas.

### **Método 4. Contenido de Humedad:**

Se aplica un método de referencia para determinar el contenido de humedad de los gases de chimenea. La cantidad de agua contenida en los gases se determina ya sea por psicometría o por gravimetría.

## **2.2 FACTORES DE EMISION.**

Un factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una unidad de actividad asociada a dicha emisión, como por ejemplo la cantidad de material procesado o la cantidad de combustible usado<sup>17</sup>.

Para el cálculo de factores de emisión el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) utiliza la siguiente formula:

$$C = \frac{A * B * 44}{12 * 1000}$$

Donde:

C = Factor de Emisión del CO<sub>2</sub> en [kg/TJ]

A = Contenido de Carbono en [kg/GJ]

B = Factor de oxidación de carbono

---

<sup>17</sup> Manual de inventario de fuentes puntuales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 17

El factor de Oxidación del Carbono esta entre cero y uno; cuando todo el carbono se oxida o se quema se toma como uno.

Los números 44 y 12 son los pesos moleculares del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Carbón (C) respectivamente, mientras que 1000 es un factor de conversión.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales presenta de manera detallada a la Unidad de Planeación Minero Energética el cálculo de los Factores de Emisión para combustibles Colombianos:

$$FE (CO_2) = \frac{VR * C \text{ de } CO_2}{PC}$$

Donde:

FE (CO<sub>2</sub>) = Factor de Emisión del CO<sub>2</sub>

VR = Volumen Real en [m<sup>3</sup>/kg combustible]

C de CO<sub>2</sub> = Concentración de CO<sub>2</sub> en [kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> gas quemado]

PC= Poder Calorífico [MJ/kg combustible]

- El cálculo del Poder Calorífico (PC) se indicó en el capítulo uno del presente estudio (Tipo y características de combustible)
- El Volumen Real hace referencia al volumen de gases quemados, para el cálculo de los gases quemados se acude a las fórmulas sugeridas por Brandt<sup>18</sup> :

Para sólidos y líquidos:

$$\text{Volumen de gas quemado} = 8.887 * C + 3.3174 * S + 20.9597 * H - 2.6408 * O + 0.7997 * (N + Cl + F)$$

Los valores para C, H, etc. están dados en porcentaje en peso (kg/kg), el volumen se expresa en m<sup>3</sup>/kg de combustible.

---

<sup>18</sup> Brandt, F. 2000. Brennstoffe und Verbrennungsrechnung. Ed. Vulkan. Verlag. Germany

Para gases:

Volumen de gas quemado =  $N_2 + CO_2 + 1.8838 \cdot H_2 + 2.8000 \cdot CO + 6.6965 \cdot H_2S + 8.5538 \cdot CH_4 + 10.4048 \cdot C_2H_2 + 13.3974 \cdot C_2H_4 + 15.3340 \cdot C_2H_6 + 20.3218 \cdot C_3H_6 + 22.3114 \cdot C_3H_8 + 27.6078 \cdot C_4H_8 + 29.7424 \cdot (C_4H_{10n} + C_4H_{10i})$

En donde i y n hacen referencia a i-butano o isobutano ( $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ ) y n-butano o butano normal ( $CH(CH_3)_3$ ).

Los valores de los gases corresponden a la composición volumétrica ( $m^3/m^3$ ), el volumen se expresa en  $m^3/m^3$  de combustible

- La concentración de  $CO_2$  (C de  $CO_2$ ) hace referencia a la de los gases quemados y se calcula:

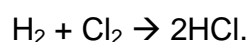
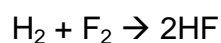
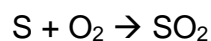
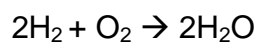
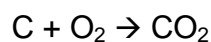
$$C \text{ de } CO_2 = \frac{CP}{VR}$$

CP es la concentración de los productos en los gases quemados.

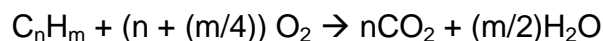
Para determinar el CP tenemos en cuenta el siguiente estudio:

Dado que el análisis es puramente teórico, se asume una combustión completa, en cuyo caso los productos son únicamente  $CO_2$  y  $H_2O$ , se asumen también reacciones completas del Azufre (S), Cloro ( $Cl_2$ ) y Flúor ( $F_2$ ), en aquellos combustibles que los contienen, de tal manera que los productos son:  $SO_2$ , HCl y HF.

Las ecuaciones químicas que rigen las reacciones de combustión en el grupo 1 son:



Para el grupo 2 existe una ecuación general aplicable a los hidrocarburos gaseosos:



Conociendo la composición elemental de los combustibles pertenecientes al grupo 1, la composición en volumen de los combustibles del grupo 2 y las correspondientes ecuaciones estequiométricas, es posible calcular la cantidad de los productos obtenidos sobre una base dada de combustible (por ejemplo, 100 kg).

Ejemplo: Para el caso de un carbón compuesto por 80% de C. y 20% de H<sub>2</sub>, tenemos:

Base de cálculo = 100 kg de Carbón

Cantidad de H<sub>2</sub> = 20 kg

Cantidad de C = 80 kg

Cantidad de CO<sub>2</sub> producida:

$$= 80 \text{ kg C} \cdot (44 \text{ kg CO}_2 / 12 \text{ kg C})$$

$$= 293 \text{ kg CO}_2 / 100 \text{ kg combustible}$$

$$= 2,93 \text{ kg CO}_2 / \text{kg combustible.}$$

Existen diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para determinado proceso. Muchos de ellos han sido obtenidos por grupos de industrias, actividades económicas y procesos específicos. Un factor de emisión representa la tasa media a la cual se emite un contaminante a la atmósfera, como resultado de actividades como la combustión ó producción industrial, dividido por el nivel de esa actividad.

Con el fin de estimar las emisiones generadas por las diversas fuentes de combustión, la metodología IPCC sugiere la utilización de factores de emisión apropiados para cada caso. Los factores de emisión son herramientas que

permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio. Varían no solamente de acuerdo con el tipo de combustible sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión (e.g. generación de energía, procesos industriales, aplicaciones residenciales) y la tecnología utilizada para tal fin (e.g. calderas, hornos, estufas). En este sentido, existen factores de emisión por combustible, proceso y tecnología, de tal manera que en la medida en que se avanza en el grado de detalle, el factor de emisión resulta más exacto. Generalmente se expresan como el peso de contaminante emitido por unidad de peso, volumen, energía o actividad, dependiendo del nivel escogido. Así, un factor de emisión de monóxido de carbono para el gas natural igual a 18, corresponderá a 18 kg de CO generados por TJ (o sus unidades correspondientes) de gas natural alimentado en el proceso de combustión<sup>19</sup>.

### **Ecuaciones utilizadas para estimar emisiones por factores de emisión**

Luego que se ha determinado estimar por este método para la evaluación de emisiones, resulta importante saber los parámetros utilizados para la estimación de emisiones por factores de emisión, estas se obtienen multiplicando el factor de emisión por el nivel de actividad:

Ecuación 1.

$$E = AD * FE$$

Donde:

E = Estimado de emisión para la fuente.

AD = Nivel de actividad (por ejemplo, cantidad de combustible quemado)

FE = Factor de emisión (por ejemplo Kg CO<sub>2</sub> emitido/toneladas de combustible consumido)

---

<sup>19</sup> Documento Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Asesoría para la utilización del MDL en proyectos de reducción de GEI en el sector energético colombiano página 1

Si el factor de emisión fue desarrollado sin considerar la operación de un equipo de control, entonces se incorpora el término de efectividad del sistema de control  $(1 - \frac{ER}{100})$ ; por lo tanto, la ecuación queda así:

Ecuación 2.

$$E = AD * FE * (1 - \frac{ER}{100})$$

Donde:

ER = Eficiencia general en la reducción de emisiones totales, expresada en porcentaje, que es igual a la eficiencia del equipo de captura, multiplicada por la eficiencia del equipo de control. Si no hay un equipo de control, entonces, ER=0.

Ecuación 3

Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Procedentes De La Combustión Estacionaria

$$E_{GEI} = CC * F * E_{GEI,Combustible}$$

Donde:

$E_{GEI}$  = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)

CC = cantidad de combustible quemado (TJ)

$F * E_{GEI,Combustible}$  = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ). Para el caso del CO<sub>2</sub>, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1.

Ecuación 4

Total De Emisiones Por Gas De Efecto Invernadero.

$$E_{GEI} = \sum_{\text{combustibles}} E_{GEI,combustible}$$

### Ecuación 5

#### Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Por Tecnología

$$E_{\text{GEI,combustible,tecnologia}} = \text{CC} * \text{F} * E_{\text{GEI,Combustible,tecnologia}}$$

Donde:

$E_{\text{GEI,combustible,tecnologia}}$  = emisiones de un GEI dado por tipo de combustible y tecnología (kg GEI)

CC = cantidad de combustible quemado por tipo de tecnología (TJ) (puede expresarse sobre la base de la masa o del volumen, y las emisiones como el producto del consumo de combustible y un factor de emisión expresado sobre una base compatible.)

$F * E_{\text{GEI,Combustible,tecnologia}}$  = Factor de emisión de un GEI dado por tipo de combustible y tecnología (kg GEI/TJ)

### Ecuación 6

#### Estimación De Emisiones Basada En La Tecnología

$$E_{\text{GEI,combustible}} = \sum_{\text{tecnologías}} \text{CC} * \text{F} * E_{\text{GEI,combustible,tecnologia}}$$

Vuelve a calcularse el total de emisiones sumando todos los combustibles (Ecuación 2)<sup>20</sup>

#### **Calculo de emisión por combustión**

La información para estimar las emisiones por combustión de una industria en particular consiste en determinar la capacidad del equipo de combustión, el consumo y tipo de combustible utilizado, sistema de control de emisiones y horarios de operación.

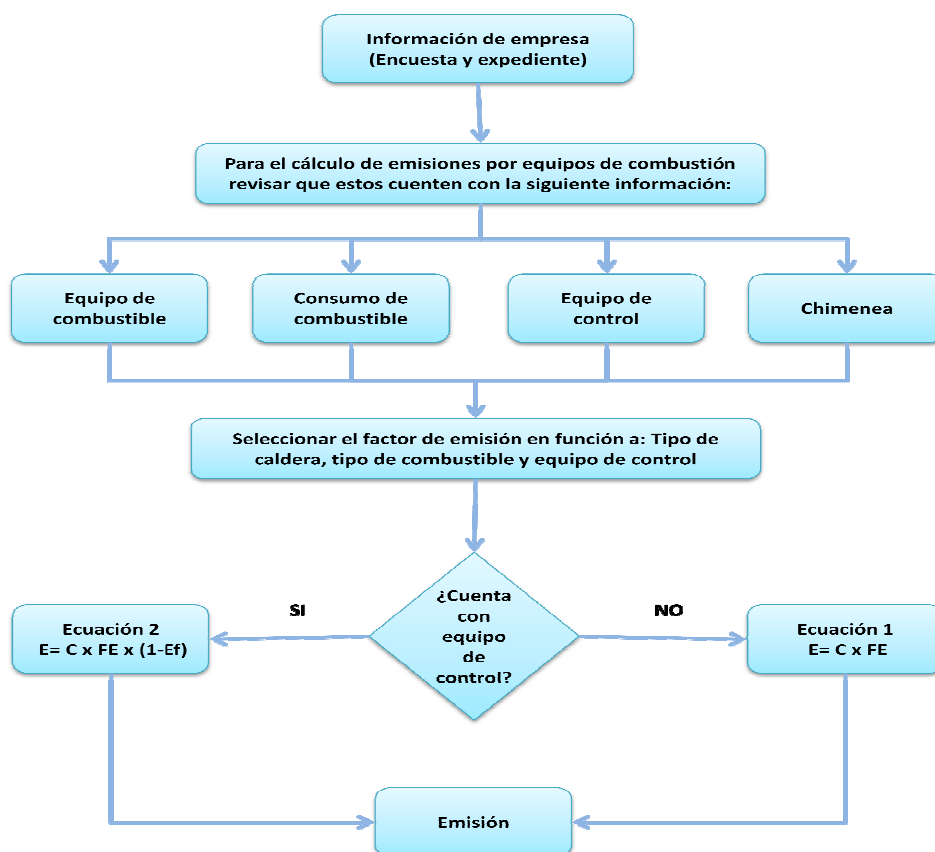
---

<sup>20</sup> Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2, capítulo 2, páginas: 2.11, 2.12 y 2.13

Una de las desventajas que presenta el cálculo con factores de emisión, es que al requerir información limitada es posible que las emisiones no sean representadas con confianza.

Los valores reportados mediante este procedimiento no deben contemplarse como valores límites recomendados, ni valores límites permisibles. Puesto que los factores de emisión representan el valor promedio de un rango de tasas de emisión, aproximadamente la mitad de las fuentes sometidas a estudio tendrán tasas de emisión superiores al factor de emisión, y la otra mitad tendrá tasas de emisión inferiores al factor. Es por esto que la información que se obtenga mediante estos mecanismos debe observarse con cautela.

Figura 7. Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Manual De Inventario De Fuentes Puntuales, Pág. 19.

Donde:

E: Emisión

FE: Factor de Emisión

C: cantidad de combustible

Ef: eficiencia del equipo de control

## **2.3 MODELOS DE ESTIMACION DE EMISIONES.**

Dentro de la categoría de fuentes móviles, los vehículos automotores producen la mayor cantidad de contaminantes que son descargados al aire. La combustión interna de los vehículos produce entre 25 y 100 reacciones químicas distintas, las cuales producen una gran diversidad de contaminantes en diferentes proporciones que pueden variar hasta en un 300% de vehículo a vehículo, en función del tipo de automotor, la tecnología del motor, el combustible que utiliza, la existencia de dispositivos de control de emisiones, la altitud y temperatura del sitio por donde circula el vehículo, entre otros.

### **2.3.1 Modelos para estimación de emisiones generadas por fuentes móviles.**

Además de las emisiones debidas a la operación del vehículo, existen otras fuentes de emisión presentes en los automotores como son la evaporación del combustible del motor, el desgaste de los frenos y las pérdidas de combustible por fugas en el almacenamiento del mismo. Toda esta complejidad y variabilidad de las emisiones de los vehículos automotores, imposibilita la existencia de factores de emisión estáticos y universales. Es por esta razón que las emisiones de los vehículos automotores se derivan a partir de métodos que combinados con modelos de factor de emisión puedan generar un cálculo aproximado del total de emisiones reales en el sitio de la estimación<sup>21</sup>.

Para facilitar la integración de los inventarios de emisiones vehiculares, se utilizan modelos computacionales, éstos toman como datos de insumo las características de la flota vehicular, el nivel de actividad y otros factores locales, ya sea para

---

<sup>21</sup> Manual de inventario de fuentes móviles Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, página 17

determinar los factores de emisión o directamente la emisión de cada contaminante correspondiente a las condiciones de actividad y flota. La mayoría de los modelos pueden generar directamente el valor total de la estimación de emisiones; sin embargo, existen también modelos que generan como salida factores de emisión. Estos resultados pueden estar en función de un valor promedio ponderado del factor de emisión para toda la flota vehicular o una serie de factores de emisión desagregados por año modelo y tipo de vehículo. En ambos casos, el desarrollador de la estimación debe multiplicar los factores calculados por el número de unidades y su actividad vehicular para obtener el valor estimado total de las emisiones<sup>22</sup>.

### **Modelo COPERT III:**

El sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport (COPERT) es un programa elaborado en Visual Studio.NET 2003 de Microsoft y funciona en cualquier PC con Windows. Fue desarrollado como herramienta europea para calcular las emisiones provenientes tanto de vehículos en circulación como de vehículos fuera de camino.

La metodología de COPERT permite la compilación de estimaciones nacionales anuales; sin embargo, se ha demostrado que también se puede utilizar, con un suficiente grado de certeza, para la compilación de estimaciones de emisiones urbanas hasta con una resolución espacial de 1x1 km<sup>2</sup> y una resolución temporal de 1 hora.

### **Categorías vehiculares**

COPERT estima emisiones generadas por vehículos a gasolina (con y sin plomo), diesel y GLP para seis categorías básicas de vehículos.

- Vehículos de pasajeros: Vehículos para el transporte de pasajeros que no poseen más de 8 asientos en adición al del conductor.

---

<sup>22</sup> Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares, página 53

- Vehículos ligeros: Vehículos para el transporte de bienes y con un peso no mayor a 3.5 toneladas.
- Vehículos pesados: Vehículos para el transporte de bienes y con un peso mayor a 3.5 toneladas.
- Autobuses urbanos: Vehículos para el transporte de pasajeros, con más de 8 asientos en adición al del conductor.
- Motonetas: Vehículos de 2 o 3 ruedas con motor de menos de 50cc y diseñado para no exceder una velocidad de 40 Km./h
- Motocicletas: Vehículos de 2 o 3 ruedas con motor de más de 50cc y diseñado para correr a una velocidad superior a 40 Km/h.

**Gases efecto invernadero a los que aplica:**

- CO<sub>2</sub> Dióxido de carbono
- CH<sub>4</sub> Metano
- N<sub>2</sub>O Óxido nitroso

**Insumos generales:**

- Temperatura máxima y mínima mensual
- Características del combustible (presión de vapor, contenido de azufre, contenido de oxigenantes, contenido de plomo, relación hidrógeno-carbón, etc.)
- Datos sobre consumo de combustible
- Descripción del programa de inspección y mantenimiento
- Distribución de la flota vehicular por clase
- Distribución de kilómetros recorridos por tipo de vehículo y de vía
- Distribución de velocidad promedio por tipo de vehículo y de vía
- Distribución del número de arranques por tipo de vehículo
- Distribución de la longitud promedio de los viajes<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares, página 67 a 70

### **3. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>), METANO (CH<sub>4</sub>) Y OXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) EN FUENTES FIJAS PUNTUALES Y MÓVILES PARA EL AMB.**

La figura 8 muestra de manera detallada cada uno de los pasos a seguir en la implementación de la metodología para la estimación de emisiones de los principales GEI en fuentes fijas puntuales y móviles del AMB.

#### **3.1 PROPÓSITO**

Estimar cuantitativamente las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), generadas por las fuentes fijas puntuales y móviles del Área Metropolitana de Bucaramanga, con el objeto que entidades ambientales y gubernamentales controlen y/o mitiguen estos Gases de Efecto Invernadero (GEI).

#### **3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTIMACIONES**

Definición de las características necesarias para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

##### **3.2.1 Tipo de emisiones<sup>24</sup>:**

- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Es un gas incoloro e inodoro que existe naturalmente en la atmósfera terrestre. Se produce en grandes cantidades como resultado de la quema de combustibles fósiles. La segunda fuente más importante de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> es el cambio en el uso del suelo, lo cual suele combinarse con una pérdida de superficie en bosques y selvas. Los bosques y otras masas vegetales absorben CO<sub>2</sub> durante su crecimiento; por lo tanto, una pérdida en el área de bosques (en otras palabras, la deforestación) ocasiona una reducción en la «captura»

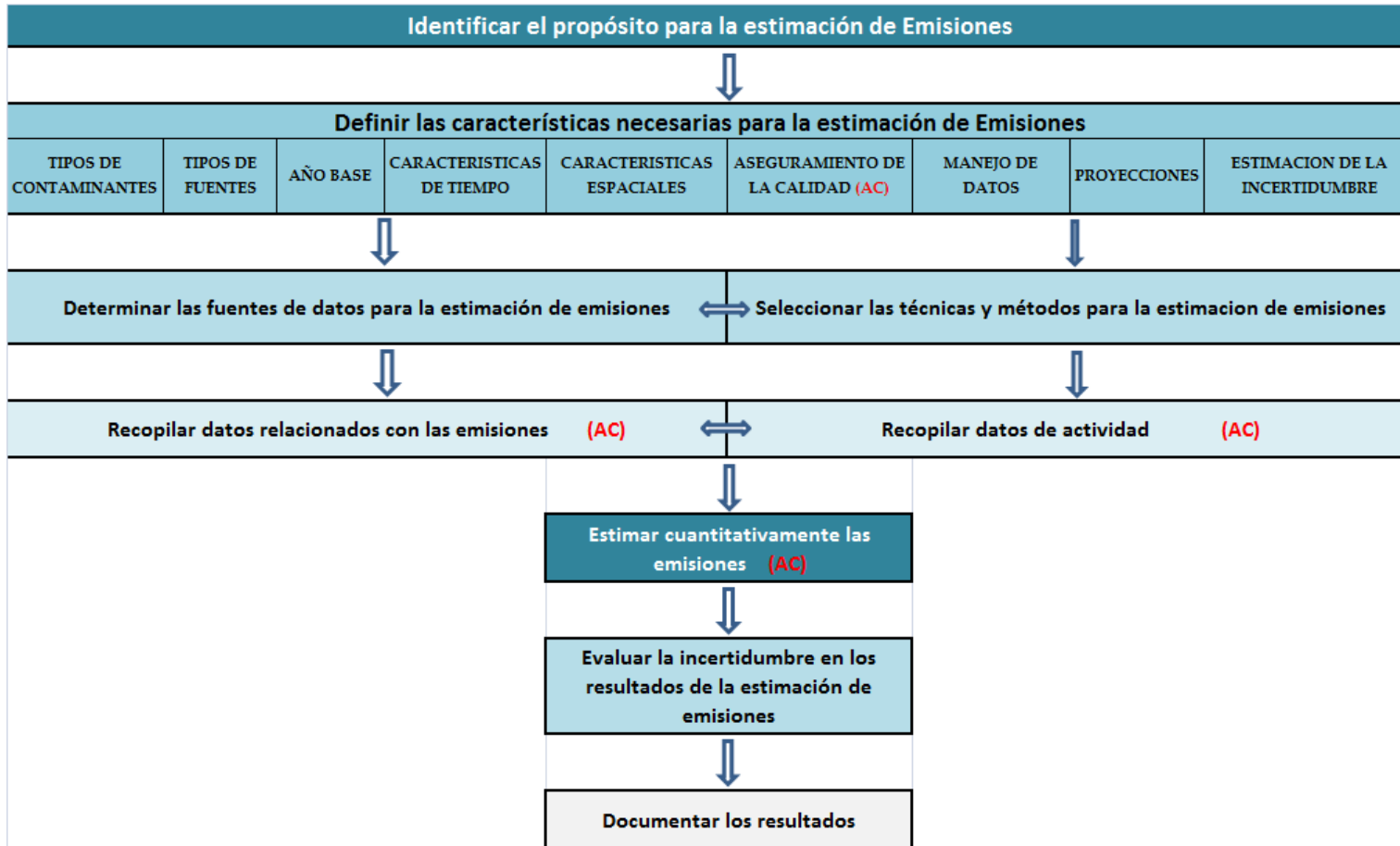
---

<sup>24</sup> Se toma las definiciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de la Guía de Elaboración y usos de inventarios de emisiones en México, páginas: 90,91 y 92

del CO<sub>2</sub> en años futuros; lo cual redundaría en un incremento neto del CO<sub>2</sub> atmosférico. El cultivo, quema y/o desmonte de las tierras para la agricultura también puede ocasionar un aumento en la liberación o almacenamiento natural de CO<sub>2</sub> en los suelos.

- **El metano (CH<sub>4</sub>):** Es el hidrocarburo gaseoso más abundante y estable en la atmósfera. La estimación más reciente del tiempo promedio de vida atmosférica de este compuesto es de 11 años. Las reacciones químicas que involucran al metano en la tropósfera pueden ocasionar la producción de ozono; por otro lado, la reacción con radicales hidroxilo (OH) en la estratósfera resulta en la producción de vapor de agua. Esto es importante, debido a que tanto el ozono como el vapor de agua son gases con efecto invernadero, al igual que el CO<sub>2</sub>, que es el producto final de la oxidación del metano. Algunas fuentes antropogénicas de metano importantes son las operaciones en minas de carbón, la producción de gas natural, los arrozales, la ganadería y la quema de biomasa

Figura 8. Pasos Técnicos para la estimación de emisiones



Adaptada de MANUALES DEL PROGRAMA DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE MEXICO, Volumen II  
Fundamentos de Inventarios de Emisiones, Página: 2-2

- **El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)**

Es un importante gas con efecto invernadero y una vida atmosférica de 110 a 168 años. Después de ser emitido, es prácticamente inerte y no participa en las reacciones químicas en la tropósfera. El N<sub>2</sub>O es la principal fuente de NO<sub>x</sub> en la estratósfera, donde también participa en las reacciones que favorecen el agotamiento del ozono estratosférico. Alrededor del 20% de las emisiones globales totales de N<sub>2</sub>O, y el 50% de las emisiones totales de N<sub>2</sub>, pueden deberse a emisiones terrestres naturales. La fuente antropogénica más importante de N<sub>2</sub>O es el incremento en el uso de nitrógeno en los fertilizantes. En los suelos, este compuesto se produce de manera natural a través de la denitrificación (es decir, la reducción del nitrito o nitrato a nitrógeno gaseoso como N<sub>2</sub> ó como óxido de nitrógeno) y la nitrificación (en otras palabras, la oxidación del amoníaco a nitrato). Los fertilizantes nitrogenados comerciales constituyen una fuente adicional de nitrógeno, incrementando así las emisiones de N<sub>2</sub>O del suelo. Otras fuentes potenciales significativas de esta sustancia incluyen la quema de combustibles fósiles, la combustión de biomasa y la producción de ácido adípico para la industria del nylon. Recientemente, la importancia de los vehículos automotores como fuente de emisiones de N<sub>2</sub>O se ha incrementado debido al uso de catalizadores de tres vías para reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> pero que generan un aumento en las emisiones de N<sub>2</sub>O.

**3.2.2 Tipos de Fuentes y Nivel de Detalle.** Se evaluarán las fuentes fijas (chimeneas del sector industrial) y fuentes móviles (transporte terrestre).

Se adopta como fuente fija a las empresas que estén enmarcadas en la resolución 909 del 2008 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT) la cual establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera para estas fuentes. El nivel de detalle para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en este sector se realiza a nivel

puntual o de chimenea de acuerdo al manual de inventarios de fuentes puntuales del MAVDT.

La clasificación de las fuentes móviles para la estimación de emisiones se tomará conforme a los ciclos de prueba de la Unión Europea la cual reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir estas fuentes. El nivel de detalle en esta fuente se hará mediante el programa Copert III el cual calcula las emisiones de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el sector transporte por carretera.

**3.2.3 Año Base.** El año base será el 2010, teniendo en cuenta que la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) proporciona la información más reciente con respecto a las empresas, se solicitó a los distribuidores de combustible, direcciones de Transito y Transporte del AMB y al grupo de investigación GEOMATICA de la UIS los datos necesarios para el transporte terrestre.

**3.2.4 Características de tiempo.** Para realizar las características de tiempo hay que tener en cuenta el periodo de tiempo y variabilidad temporal. En la variabilidad temporal se tomaron los horarios de operación que suministraron las empresas en los expedientes que reposan en la CDMB y para los vehículos automotores se toman los datos disponibles de las entidades del AMB para poder correr el programa Copert III. Para el periodo de tiempo se tomó el año base y las estimaciones de las emisiones en unidades de masa, es decir en: Mega gramos/Año [Mg/Año] para las fuentes fijas y toneladas/Año [ton/Año] para fuentes móviles, las unidades son las mismas (Mg/Año, ton/Año), sin embargo se toman distintas ya que para la primera son las unidades que utiliza el protocolo de la U.S.EPA y con la segunda son las unidades que arroja el programa Copert III.

**3.2.5 Características espaciales.** En las características encontramos el dominio y la resolución espacial. El dominio para esta investigación será el AMB compuesta por los municipios de Bucaramanga, Piedecuesta, Floridablanca y Girón. La resolución espacial no se definirá considerando que se darán las estimaciones totales de las emisiones para el AMB.

**3.2.6 Aseguramiento de la Calidad (AC).** Se identifica de manera preliminar a las fuentes fijas y móviles, teniendo en cuenta las estimaciones hechas en otras áreas metropolitanas y que los resultados de estas fuentes presentaban las emisiones más significativas. La información necesaria para el Aseguramiento de Calidad de este proyecto es proporcionada por la CDMB, Secretarías de Transito y Transporte, distribuidores de combustible y GEOMATICA de la UIS.

La CDMB facilita los expedientes de las empresas instaladas en el AMB, revisados y más recientes de las empresas inventariadas por esta entidad, con este se podrá determinar el tipo de actividad, el horario de operación, consumo promedio y poder calorífico del combustible para cada empresa y con estos datos realizar y revisar las estimaciones cuantitativas de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

**3.2.7 Manejo de Datos.** Para manejar los datos en fuentes fijas se revisaron los expedientes de las empresas y se extrajeron los datos necesarios para estimar las emisiones y se pasaron a una hoja de cálculo en Excel.

En las fuentes móviles se llevan los datos recolectados de distribuidores de combustible, secretarías de Transito y Transporte y GEOMATICA al sistema de modelación de emisiones vehiculares Copert III.

**3.2.8 Proyecciones.** El grupo GIEMA y la CDMB tiene proyectado realizar las estimaciones de estos GEI para el AMB en un periodo de tres años tomando como año base el 2010 e ir aumentando gradualmente las fuentes fijas y para las fuentes móviles mejorar los datos de entrada para el programa de estimación de emisiones.

**3.2.9 Estimación de la Incertidumbre.** La Incertidumbre se realiza de manera cualitativa. Se centrará en las metodologías, implementadas en los datos de actividad, los datos estimados de las emisiones, los datos y resultados obtenidos con el Muestreo Isocinético y el uso del software de modelación.

Estas incertidumbres cualitativas nos permiten señalar las debilidades potenciales en las estimaciones de los gases en estudio y se consideraran para la mejora de próximas estimaciones.

### **3.3 DETERMINACION DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES**

El AMB tiene fuentes fijas y móviles que cumplen con las condiciones establecidas en la Resolución 909 y 910 del 2008 del MAVDT que son reguladas por la CDMB y son citadas en el capítulo 3.5 Estimación cuantitativa de las emisiones del presente estudio.

Los métodos utilizados para la estimación de emisiones de acuerdo a la información obtenida en fuentes fijas son los Factores de Emisión que se compararán con los resultados de la medición directa y para fuentes móviles el modelo de emisión Copert III.

### **3.4 RECOPIACION DE DATOS**

La CDMB facilita los expedientes de las empresas inventariadas en esta entidad, donde se recolecta la información disponible para la estimación de emisiones. El nivel de detalle se hace a nivel puntual y la estimación de emisiones se hace por combustión como se ilustró en la figura 7.

Las secretarías de tránsito del AMB, distribuidores mayoristas de combustible y GEOMATICA mediante solicitud del GIEMA y la CDMB suministran los datos para correr el programa Copert III.

En los Anexos A y B se muestra la información reunida para este estudio.

### 3.5 ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES.

**3.5.1 Estimación cuantitativa en las fuentes fijas.** Se hacen las estimaciones en la Empresa 1 para las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, también se muestra el calculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> con los datos del monitoreo Isocinético.

#### Metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para la Empresa 1

$$E_{G\text{EI}} = CC * FE_{G\text{EI,Combustible,Tecnología}}$$

Donde:

$E_{G\text{EI}}$  = Emisiones de Gases Efecto Invernadero.  $\left[ \frac{\text{Mg}_{G\text{EI}}}{\text{Año}} \right]$

CC = Cantidad de combustible quemado [TJ]

$FE_{G\text{EI,combustible}}$  = Factor de Emisión de los Gases de Efecto Invernadero por tipo de combustible y tecnología utilizada  $\left[ \frac{\text{kg}_{G\text{EI}}}{\text{TJ}} \right]$

La cantidad de combustible quemado hay que llevarlo a unidades de Energía, por consiguiente hay que multiplicarlo por el Poder Calorífico Neto del Combustible utilizado y hay que tener en cuenta las horas en que opera la empresa durante todo el año para hacer las estimaciones durante ese tiempo.

Empresa 1. (Datos de los expedientes disponibles en la CDMB con empresas que realizan actividades de quema de combustible)

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 1	
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		PRODUCCION HARINAS (CONCENTRADOS)	
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640

Empresa 1. (continuación)					
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	JCT		
HORNO		MODELO			
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
CUAL?					
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					500
KEROSENE PETROLEO			Conversión a kg/h:		500
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
CARBON MINERAL	X		7552,5		
BAGAZO			3,16E-05		
CARBON COQUE			Conversión a TJ/Kg:		3,16E-05

Estimación cuantitativa para el CO<sub>2</sub>:

$$E_{CO_2} = CC * FE_{GEI,combustible}$$

$$E_{CO_2} = \left[ 8640 \frac{\text{horas}}{\text{Año}} \right] * \left[ 500 \frac{\text{kg}}{\text{horas}} \right] * \left[ 3.16^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{kg}} \right] * \left[ 94600 \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right] * \left[ \frac{1\text{Mg}}{1000\text{kg}} \right]$$

$$E_{CO_2} = 12923.16 \frac{Mg}{Año}$$

Estimación cuantitativa para el CH<sub>4</sub>:

$$E_{CH_4} = CC * FE_{GEI,combustible,tecnología}$$

$$E_{CH_4} = \left[ 8640 \frac{horas}{Año} \right] * \left[ 500 \frac{kg}{h} \right] * \left[ 3.16^{-5} \frac{TJ}{kg} \right] * \left[ 10 * 14 \frac{kg}{TJ} \right] * \left[ \frac{1Mg}{1000kg} \right]$$

$$E_{CH_4} = 19.13 \frac{Mg}{Año}$$

Estimación cuantitativa para el N<sub>2</sub>O:

$$E_{N_2O} = CC * FE_{GEI,combustible,tecnología}$$

$$E_{N_2O} = \left[ 8640 \frac{horas}{Año} \right] * \left[ 500 \frac{kg}{h} \right] * \left[ 3.16^{-5} \frac{TJ}{kg} \right] * \left[ 1.5 * 0.7 \frac{kg}{TJ} \right] * \left[ \frac{1Mg}{1000kg} \right]$$

$$E_{N_2O} = 0.143 \frac{Mg}{Año}$$

### **Metodología de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos U.S.EPA para la Empresa 1.**

$$E_{GEI} = CC * FE$$

Donde:

$E_{GEI}$  = Emisiones de los Gases de Efecto Invernadero.  $\left[ \frac{Mg_{GEI}}{Año} \right]$

CC = Cantidad de combustible quemado  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{hora}}\right]$

FE = Factor de Emisión del CO<sub>2</sub> por tipo de combustible  $\left[\frac{\text{kgGEI}}{\text{kg}}\right]$

La selección del factor de emisión del CO<sub>2</sub> para el carbón mineral por esta metodología se encuentra en el Anexo A (Factores de Emisión por defecto del CO<sub>2</sub> para carbones tipo C), en esta se toma el Medium-Volatile Bituminous con un factor de emisión de 6040 lb/ton coal. Para convertir de lb/ton coal a kg/Mg la AP 42 indica que multiplique por 0.5, como necesitamos pasar a kg/kg dividimos entre 1000, de igual manera se realiza para el CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>, en estos se toma como configuración Hand-Fed units con un factor de emisión de 5 y 0,04 para el CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> respectivamente, a continuación se calcula lo planteado y son tomados los factores de emisión del U.S. EPA AP 42:

Tabla 3. Factores de Emisión por defecto del CO<sub>2</sub> para carbones tipo C

Coal Type	Average %C	Conversion Factor	Emission Factor (lb/ton coal)
Subbituminous	66.3	72.6	4810
High-volatile bituminous	75.9	72.6	5510
Medium-volatile bituminous	83.2	72.6	6040
Low-volatile bituminous	86.1	72.6	6250

Tabla 4. Factores de Emisión por defecto para el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para carbones

Firing Configuration	CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR
Underfeed stoker	0.8	B	0.04	E
Underfeed stoker with multiple cyclone	0.8	B	0.04	E
Hand-fed units	5	E	0.04	E

Para convertir de lb/ton a kg/Mg multiplique por 0.5

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion, página: 1.1-41 y 1.1-42.

$$6040 \frac{\text{lb}}{\text{ton coal}} * 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{Mg}} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000\text{kg}} = 3,02 \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{kg}}$$

$$5 \frac{\text{lb}}{\text{ton coal}} * 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{Mg}} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000\text{kg}} = 2,5^{-3} \frac{\text{kg}_{\text{CH}_4}}{\text{kg}}$$

$$0,04 \frac{\text{lb}}{\text{ton coal}} * 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{Mg}} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000\text{kg}} = 2^{-5} \frac{\text{kg}_{\text{N}_2\text{O}}}{\text{kg}}$$

Estimación cuantitativa para el CO<sub>2</sub>:

$$E_{\text{CO}_2} = \text{CC} * \text{FE}$$

$$E_{\text{CO}_2} = \left[ 8640 \frac{\text{horas}}{\text{Año}} \right] * \left[ 500 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \right] * \left[ 3.02 \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{kg}} \right] * \left[ \frac{1\text{Mg}}{1000\text{kg}} \right]$$

$$E_{CO_2} = 13046.40 \frac{Mg}{Año}$$

Estimación cuantitativa para el CH<sub>4</sub>:

$$E_{CH_4} = CC * FE$$

$$E_{CH_4} = \left[ 8640 \frac{horas}{Año} \right] * \left[ 500 \frac{kg}{h} \right] * \left[ 0.0025 \frac{kg}{kg} \right] * \left[ \frac{1Mg}{1000kg} \right]$$

$$E_{CH_4} = 10.80 \frac{Mg}{Año}$$

Estimación cuantitativa para el N<sub>2</sub>O:

$$E_{N_2O} = CC * FE$$

$$E_{N_2O} = \left[ 8640 \frac{horas}{Año} \right] * \left[ 500 \frac{kg}{h} \right] * \left[ 2^{-5} \frac{kg}{kg} \right] * \left[ \frac{1Mg}{1000kg} \right]$$

$$E_{N_2O} = 0.0864 \frac{Mg}{Año}$$

**Calculo de las Emisiones de CO<sub>2</sub> con los datos del muestreo Isocinético (medición directa) en la Empresa 1:**

El %CO<sub>2</sub> = 6.9 y el Q<sub>s(refd)</sub> = 8434.38  $\frac{m^3}{hora}$ . Es importante resaltar que el caudal en los gases de chimenea en condiciones de referencia base seca (Q<sub>s(refd)</sub>) depende de otros datos y no son resultados que se entregan con dispositivos tecnológicos

como si pasa con el % CO<sub>2</sub> que lo da el analizador de gases. El análisis para la obtención del Q<sub>s(refd)</sub> se muestra en el Anexo A del presente estudio.

$$E_{CO_2} = \frac{\%CO_2 * 44 \left[ \frac{kg}{Kmol} \right] * Q_{s(refd)} \left[ \frac{m^3}{hora} \right] * (\text{horas de funcionamiento al año})}{10^5 * 22.4 \left[ \frac{Kmol}{m^3} \right]}$$

Donde:

E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

44 = Corresponde al peso molecular del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

%CO<sub>2</sub>= Porcentaje de dióxido de carbono en la muestra tomado del equipo analizador de gases

Q<sub>s(refd)</sub> = Caudal en los gases de Chimenea en condiciones de referencia base seca

10<sup>5</sup> = Factor de conversión para pasar de kilogramos a Mega gramos

22.4 = Concentración molar del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

$$E_{CO_2} = \frac{6.90 * 44 \left[ \frac{kg}{Kmol} \right] * 8434.8 \left[ \frac{m^3}{Hora} \right] * 8640 \left[ \frac{Hora}{Año} \right]}{10^5 * 22.4 \left[ \frac{Kmol}{m^3} \right]}$$

$$E_{CO_2} = 9877.32 \left[ \frac{Mg}{Año} \right]$$

Diferencia porcentual entre el monitoreo isocinético y la metodología IPCC:

$$\% E_1 = \frac{E_{CO_2} (\text{Mon}) - E_{CO_2} (\text{IPCC})}{E_{CO_2} (\text{Mon})} \times 100$$

Donde:

% E<sub>1</sub> = Diferencia porcentual entre el Monitoreo y la Metodología del IPCC

Eco<sub>2</sub> (Mon) = Emisiones de Dióxido de Carbono con el Monitoreo Isocinético.

Eco<sub>2</sub> (IPCC) = Emisiones de Dióxido de Carbono con la Metodología del IPCC

$$\% E_1 = \left[ \frac{9877.32 - 12923.16}{9877.32} \right] \times 100 = 30.8\%$$

Diferencia porcentual entre el monitoreo isocinético y la metodología de la EPA:

$$\% E_2 = \frac{Eco_2 (\text{Mon}) - Eco_2 (\text{EPA})}{Eco_2 (\text{Mon})} \times 100$$

Donde:

% E<sub>2</sub> = Diferencia porcentual entre el Monitoreo y la Metodología de la EPA

Eco<sub>2</sub> (EPA) = Emisiones de Dióxido de Carbono con la Metodología de la EPA

$$\% E_2 = \frac{9877.32 - 13046.40}{9877.32} \times 100 = 32.1 \%$$

Para manejar las estimaciones de las empresas restantes se muestran los resultados obtenidos de la hoja de cálculo en Excel. Los datos necesarios para la estimación como el horario de operación, el consumo de combustible, poder calorífico y tecnología utilizada, junto con los datos del muestreo Isocinético se exponen en el Anexo A de este estudio.

Fueron evaluados 24 calderas y 20 hornos en 38 empresas del AMB para la estimación de emisiones, son presentadas a continuación aleatoriamente y no representa el orden en que son mostrados los resultados en las tablas 5 a la 11:

Mac Pollo, Distraves, Itacol, Pretecor, Kolortex, Tintorería Industrial, Harinagro, Ladrillos Y Tubos, Ladrillera Rugo, Ladrillera Bautista Cáceres, Ladrillera Ergo, Tejas Y Ladrillos, Fresca Leche, Industria Nacional De Gaseosas, Terpel, Finca , Trenza Hilos, Nutrimax S.A, Renovadora De Llantas Renoboy, Girones, Jardines La Colina, Incubadora De Santander, Forjados S.A., Sandesol S.A, Imatt Ltda., Asfaltart, Saceites, Campollo, Frigorifico Vijagual, Industrias Falcon, Linco S.A., Bavaria, Infercal, Paviandi, Fertisuelos, Tecnopavimentos S.A., Industrias Lavco, Jardines La Esperanza.

Las tablas 5 a la 11 muestran cada una de las emisiones de las fuentes fijas puntuales del AMB.

Tabla 5. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Carbón Mineral.

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>1.1_EMPRESA</b> <b>1</b>	CO2	<b>12923,16</b>	IPCC	<b>30,8</b>	<b>1.4_EMPRESA</b> <b>4</b>	CO2	<b>4992,53</b>	IPCC	<b>49,5</b>	<b>1.7_EMPRESA</b> <b>7</b>	CO2	<b>3792,87</b>	IPCC	<b>6,7</b>
	CO2	<b>13046,40</b>	EPA	<b>32,1</b>		CO2	<b>5027,47</b>	EPA	<b>50,6</b>		CO2	<b>3030,23</b>	EPA	<b>14,7</b>
	CO2	<b>9877,32</b>	M.D			CO2	<b>3338,96</b>	M.D			CO2	<b>3554,04</b>	M.D	
	CH4	<b>19,125</b>	IPCC			CH4	<b>0,528</b>	IPCC			CH4	<b>0,401</b>	IPCC	
	CH4	<b>10,800</b>	EPA			CH4	<b>0,836</b>	EPA			CH4	<b>0,504</b>	EPA	
	N2O	<b>0,1434</b>	IPCC			N2O	<b>0,0792</b>	IPCC			N2O	<b>0,0601</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0864</b>	EPA			N2O	<b>0,0418</b>	EPA			N2O	<b>0,0252</b>	EPA	
<b>1.2_EMPRESA</b> <b>2</b>	CO2	<b>7924,58</b>	IPCC	<b>21,3</b>	<b>1.5_EMPRESA</b> <b>5</b>	CO2	<b>4891,43</b>	IPCC	<b>69,9</b>	<b>1.8_EMPRESA</b> <b>8</b>	CO2	<b>2675,99</b>	IPCC	<b>127,8</b>
	CO2	<b>7736,04</b>	EPA	<b>23,2</b>		CO2	<b>4502,16</b>	EPA	<b>56,4</b>		CO2	<b>2857,14</b>	EPA	<b>143,2</b>
	CO2	<b>10074,95</b>	M.D			CO2	<b>2879,53</b>	M.D			CO2	<b>1174,70</b>	M.D	
	CH4	<b>0,838</b>	IPCC			CH4	<b>7,239</b>	IPCC			CH4	<b>0,278</b>	IPCC	
	CH4	<b>1,123</b>	EPA			CH4	<b>4,680</b>	EPA			CH4	<b>0,475</b>	EPA	
	N2O	<b>0,1257</b>	IPCC			N2O	<b>0,0543</b>	IPCC			N2O	<b>0,0418</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0562</b>	EPA			N2O	<b>0,0374</b>	EPA			N2O	<b>0,0238</b>	EPA	
<b>1.3_EMPRESA</b> <b>3</b>	CO2	<b>5591,19</b>	IPCC	<b>173,7</b>	<b>1.6_EMPRESA</b> <b>6</b>	CO2	<b>4694,41</b>	IPCC	<b>26,6</b>	<b>1.9_EMPRESA</b> <b>9</b>	CO2	<b>2471,31</b>	IPCC	<b>5,5</b>
	CO2	<b>5487,43</b>	EPA	<b>168,6</b>		CO2	<b>4727,27</b>	EPA	<b>27,5</b>		CO2	<b>2084,26</b>	EPA	<b>11,0</b>
	CO2	<b>2042,99</b>	M.D			CO2	<b>3707,00</b>	M.D			CO2	<b>2342,28</b>	M.D	
	CH4	<b>8,274</b>	IPCC			CH4	<b>0,496</b>	IPCC			CH4	<b>3,600</b>	IPCC	
	CH4	<b>4,980</b>	EPA			CH4	<b>0,786</b>	EPA			CH4	<b>2,167</b>	EPA	
	N2O	<b>0,0621</b>	IPCC			N2O	<b>0,0744</b>	IPCC			N2O	<b>0,0270</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0398</b>	EPA			N2O	<b>0,0393</b>	EPA			N2O	<b>0,0173</b>	EPA	

Tabla 5. (Continuación). Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Carbón Mineral

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>1.10_</b> <b>EMPRESA 10</b>	CO2	<b>2214,52</b>	IPCC	<b>119,7</b>	<b>1.13_</b> <b>EMPRESA 13</b>	CO2	<b>388,73</b>	IPCC	<b>N.A</b>
	CO2	<b>2181,97</b>	EPA	<b>116,5</b>		CO2	<b>333,05</b>	EPA	
	CO2	<b>1007,77</b>	M.D.			CH4	<b>0,575</b>	IPCC	
	CH4	<b>0,234</b>	IPCC			CH4	<b>0,346</b>	EPA	
	CH4	<b>0,317</b>	EPA			N2O	<b>0,0043</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0351</b>	IPCC			N2O	<b>0,0028</b>	EPA	
	N2O	<b>0,0158</b>	EPA						
<b>1.11_</b> <b>EMPRESA 11</b>	CO2	<b>508,00</b>	IPCC	<b>21,7</b>	<b>NO TIENE</b> <b>MUESTREO</b> <b>ISOCINETICO</b>				
	CO2	<b>432,91</b>	EPA	<b>33,2</b>					
	CO2	<b>648,51</b>	M.D.						
	CH4	<b>0,054</b>	IPCC						
	CH4	<b>0,072</b>	EPA						
	N2O	<b>0,0081</b>	IPCC						
	N2O	<b>0,0036</b>	EPA						
<b>1.12_</b> <b>EMPRESA 12</b>	CO2	<b>439,34</b>	IPCC	<b>N.A</b>					
	CO2	<b>432,92</b>	EPA						
	CH4	<b>0,650</b>	IPCC						
	CH4	<b>0,450</b>	EPA						
	N2O	<b>0,0049</b>	IPCC						
	N2O	<b>0,0036</b>	EPA						

Tabla 6. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Gas Natural.

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>2.1_Empresa 14</b>	CO2	6575,51	IPCC	<b>N.A</b>	<b>2.4_Empresa 17</b>	CO2	1391,24	IPCC	<b>32,5</b>	<b>2.7_Empresa 20</b>	CO2	1088,97	IPCC	<b>16,8</b>
	CO2	6460,43	EPA			CO2	1366,89	EPA	<b>33,7</b>		CO2	1069,91	EPA	<b>18,3</b>
	CH4	0,117	IPCC			CO2	2061,99	M.D			CO2	1309,43	M.D	
	CH4	0,124	EPA			CH4	0,025	IPCC			CH4	0,019	IPCC	
	NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO	N2O	0,012			IPCC	CH4	0,026	EPA			CH4	0,021	EPA
	N2O	0,118	EPA		N2O	0,0025	IPCC			N2O	0,0019	IPCC		
	N2O	0,0251	EPA		N2O	0,0251	EPA			N2O	0,0196	EPA		
<b>2.2_Empresa 15</b>	CO2	5845,06	IPCC	<b>N.A</b>	<b>2.5_Empresa 18</b>	CO2	1880,06	IPCC	<b>21,9</b>	<b>2.8_Empresa 21</b>	CO2	1063,52	IPCC	<b>106,1</b>
	CO2	5742,77	EPA			CO2	1847,16	EPA	<b>23,3</b>		CO2	1043,71	EPA	<b>102,3</b>
	CH4	0,104	IPCC			CO2	2408,39	M.D			CO2	516,04	M.D	
	CH4	0,110	EPA			CH4	0,034	IPCC			CH4	0,019	IPCC	
	NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO	N2O	0,010			IPCC	CH4	0,035	EPA			CH4	0,020	EPA
	N2O	0,105	EPA		N2O	0,0034	IPCC			N2O	0,0019	IPCC		
	N2O	0,0339	EPA		N2O	0,0339	EPA			N2O	0,0191	EPA		
<b>2.3_Empresa 16</b>	CO2	2226,77	IPCC	<b>N.A</b>	<b>2.6_Empresa 19</b>	CO2	1214,32	IPCC	<b>36,9</b>	<b>2.9_Empresa 22</b>	CO2	863,96	IPCC	<b>N.A</b>
	CO2	2187,80	EPA			CO2	1192,95	EPA	<b>38,0</b>		CO2	848,84	EPA	
	CH4	0,044	IPCC			CO2	1924,32	M.D			CH4	0,015	IPCC	
	CH4	0,042	EPA			CH4	0,022	IPCC			CH4	0,016	EPA	
	NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO	N2O	0,0040			IPCC	CH4	0,023	EPA			NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO	N2O	
	N2O	0,0401	EPA		N2O	0,0022	IPCC			N2O	0,016	EPA		
	N2O	0,0218	EPA		N2O	0,0218	EPA							

Tabla 6. (Continuación) Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Gas Natural

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
2.10_Empresa 23	C02	633,07	IPCC	17,5	2.13_Empresa 26	C02	201,34	IPCC	N.A	2.16_Empresa 29	C02	43,61	IPCC	N.A
	CO2	621,28	EPA	19,1		CO2	197,59	EPA			CO2	42,80	EPA	
	CO2	767,76	M.D			CH4	0,004	IPCC			CH4	0,001	IPCC	
	CH4	0,011	IPCC			CH4	0,004	EPA			CH4	0,001	EPA	
	CH4	0,012	EPA			N2O	0,0004	IPCC			N2O	0,0001	IPCC	
	N2O	0,0011	IPCC			N2O	0,0036	EPA			N2O	0,0008	EPA	
	N2O	0,0114	EPA			NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO					NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO			
2.11_Empresa 24	C02	433,86	IPCC	63,7	2.14_Empresa 27	C02	78,60	IPCC	N.A	2.17_Empresa 30	C02	34,45	IPCC	N.A
	CO2	426,27	EPA	60,8		CO2	77,13	EPA			CO2	33,80	EPA	
	CO2	265,08	M.D			CH4	0,001	IPCC			CH4	0,0006	IPCC	
	CH4	0,009	IPCC			CH4	0,001	EPA			CH4	0,0006	EPA	
	CH4	0,008	EPA			N2O	0,0001	IPCC			N2O	0,0001	IPCC	
	N2O	0,0008	IPCC			N2O	0,0014	EPA			N2O	0,0006	EPA	
	N2O	0,0078	EPA			NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO					NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO			
2.12_Empresa 25	C02	328,61	IPCC	N.A	2.15_Empresa 28	C02	48,83	IPCC	N.A	2.18_Empresa 31	C02	13,73	IPCC	N.A
	CO2	322,49	EPA			CO2	47,92	EPA			CO2	13,47	EPA	
	CH4	0,006	IPCC			CH4	0,001	IPCC			CH4	0,00024	IPCC	
	CH4	0,006	EPA			CH4	0,001	EPA			CH4	0,00026	EPA	
	N2O	0,0006	IPCC			N2O	0,0001	IPCC			N2O	0,0000	IPCC	
	N2O	0,0059	EPA			N2O	0,0009	EPA			N2O	0,0002	EPA	
	NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO					NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO					NO TIENE MUESTREO ISOCINETICO			

Tabla 7. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Biomasa.

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>3.1_EMPRESA 32</b>	CO2	10855,17	IPCC	38,8	<b>3.4_EMPRESA 35</b>	CO2	7113,95	IPCC	7,9
	CO2	10916,50	EPA	39,6		CO2	7489,08	EPA	3,1
	CO2	7820,20	M.D			CO2	7726,01	M.D	
	CH4	3,257	IPCC			CH4	2,134	IPCC	
	CH4	3,311	EPA			CH4	2,271	EPA	
	N2O	0,434	IPCC			N2O	0,2846	IPCC	
	N2O	0,435	EPA			N2O	0,2981	EPA	
	<b>3.2_EMPRESA 33</b>	CO2	8231,33	IPCC		2,6	<b>3.5_EMPRESA 36</b>	CO2	1537,90
CO2		8277,83	EPA	2,0	CO2	1546,59		EPA	98,8
CO2		8450,32	M.D		CO2	778,13		M.D	
CH4		2,469	IPCC		CH4	0,461		IPCC	
CH4		2,511	EPA		CH4	0,469		EPA	
N2O		0,329	IPCC		N2O	0,0615		IPCC	
N2O		0,330	EPA		N2O	0,0616		EPA	
<b>3.3_EMPRESA 34</b>		CO2	7945,94	IPCC	3,6				
	CO2	7990,84	EPA	4,2					
	CO2	7667,44	M.D						
	CH4	2,384	IPCC						
	CH4	2,423	EPA						
	N2O	0,3178	IPCC						
	N2O	0,3180	EPA						

Tabla 8. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan ACPM (Fuel Oil N° 2)

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
4.1_Empresa 37	CO2	1282,17	IPCC	51,1	4.3_Empresa 39	CO2	7,64	IPCC	41,7
	CO2	1264,06	EPA	51,7		CO2	7,60	EPA	40,9
	CO2	2619,71	M.D			CO2	5,39	M.D	
	CH4	0,052	IPCC			CH4	0,0001	IPCC	
	CH4	0,050	EPA			CH4	0,0003	EPA	
	N2O	0,0104	IPCC			N2O	0,00002	IPCC	
	N2O	0,0125	EPA			N2O	0,00008	EPA	
4.2_Empresa 38	CO2	550,13	IPCC	76,7	4.4_Empresa 40	CO2	4,28	IPCC	73,0
	CO2	546,44	EPA	76,9		CO2	4,25	EPA	72,0
	CO2	2360,85	M.D			CO2	2,47	M.D	
	CH4	0,022	IPCC			CH4	0,00003	IPCC	
	CH4	0,022	EPA			CH4	0,00017	EPA	
	N2O	0,0045	IPCC			N2O	0,00001	IPCC	
	N2O	0,0054	EPA			N2O	0,00004	EPA	

Tabla 9. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Aceite Reciclado

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1	Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
5.1_ Empresa 41	CO2	400,23	IPCC	0,9	5.2_ FERTISUELOS	CO2	278,73	IPCC	21,1
	CO2	402,36	EPA	1,4		CO2	280,21	EPA	21,7
	CO2	396,66	M.D			CO2	230,22	M.D	
	CH4	0,164	IPCC			CH4	0,1141	IPCC	
	CH4	N.D	EPA			CH4	N.D	EPA	
	N2O	0,0218	IPCC			N2O	0,0152	IPCC	
	N2O	N.D	EPA			N2O	N.D	EPA	

Tabla 10. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan Carbón Coque

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>6.1_EMPRESA 43</b>	CO2	<b>869,28</b>	IPCC	<b>17,2</b>
	CO2	<b>907,20</b>	EPA	<b>13,6</b>
	CO2	<b>1050,22</b>	M.D	
	CH4	<b>0,092</b>	IPCC	
	CH4	<b>0,116</b>	EPA	
	N2O	<b>0,0139</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0058</b>	EPA	

Tabla 11. Estimación cuantitativa de emisiones en las empresas que utilizan GLP

Empresa	GEI	RR[Mg/A]	MI	%E1
<b>7.1_EMPRESA 44</b>	CO2	<b>365,32</b>	IPCC	<b>128,7</b>
	CO2	<b>328,54</b>	EPA	<b>105,7</b>
	CO2	<b>159,72</b>	M.D	
	CH4	<b>0,006</b>	IPCC	
	CH4	<b>0,024</b>	EPA	
	N2O	<b>0,0006</b>	IPCC	
	N2O	<b>0,0053</b>	EPA	

Donde:

GEI: Gas de Efecto Invernadero

- CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono
- CH<sub>4</sub>: Metano
- N<sub>2</sub>O: Oxido Nitroso.

RR: Reporte de Resultados en Mega gramos/Año [Mg/A]

MI: Metodología Implementada

- IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- EPA: Agencia de Protección Ambiental
- MD: Muestreo Isocinético(Medición Directa)

%E<sub>1</sub>: Diferencia porcentual entre el Muestreo Isocinético y la Metodología Implementada.

N.A: No Aplica (No todas las empresas evaluadas tienen monitoreo isocinético para determinar la diferencia porcentual entre este y la metodología implementada).

**3.5.2 Estimación de emisiones en fuentes móviles.** La estimación de las emisiones de los principales gases efecto invernadero en fuentes móviles para el área metropolitana de Bucaramanga (AMB) se lleva a cabo utilizando el modelo COPERT III. Este modelo es una herramienta de cálculo, que permite estimar las emisiones de cada gas y determinar cual es el aporte por cada categoría vehicular. Para llevar a cabo este procedimiento es necesario disponer de los siguientes insumos.

- Base de datos del tránsito municipal
- Características de los combustibles locales
- Tipo, cantidad y calidad del combustible que se consume
- Volumen y edad del parque automotor, Distribución del transporte urbano
- Uso de las vías principales
- Información meteorológica del AMB.

La información es solicitada por el grupo GIEMA y la CDMB a las direcciones de tránsito y transporte, distribuidores mayoristas de combustible del AMB y al centro de investigación GEOMATICA de la UIS.

La estimación de emisiones con el programa esta sujeta a los datos que el programa requiera, por lo anterior para el AMB se toma los datos disponibles que puedan suministrar las entidades anteriormente mencionadas y con los datos que no se obtengan para el programa se extrapolan de acuerdo a otros estudios.

Como paso importante para la estimación de emisiones en fuentes móviles se toma la información reunida del parque automotor del AMB, se tiene en cuenta el año modelo y se desarrolla de acuerdo a especificaciones técnicas Europeas que son las que permiten categorizar la flota vehicular.

La clasificación de las categorías en los vehículos esta dada en cuanto a: Tipo (automóviles, buses, motocicletas, etc.), Tipo de motor de combustión interna utilizado, Modelo y Número de vehículos matriculados en el AMB. La categorización de la flota se realiza teniendo en cuenta cinco categorías principales de vehículos, que son las siguientes:

- a. Vehículos de pasajeros.
- b. Vehículos de carga livianos.
- c. Vehículos de carga pesados.
- d. Buses.
- e. Motocicletas.

En los cuales están incluidos los vehículos de servicio particular, los de servicio público y servicio oficial.

Una vez ingresado el número de vehículos del AMB en cada categoría se debe incorporar los demás insumos requeridos por el modelo, cada uno de los pasos para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del parque automotor en el AMB se muestran en el Anexo C y los datos de entrada en el Anexo B.

A continuación se presentan los resultados de la estimación de emisiones para fuentes móviles según el programa (Tablas 12 a la 14). Estos son entregados por tipo de vía donde se movilice la flota:

- Emisiones de vehículos que circulan por vías urbanas, para cada categoría de vehículos.
- Emisiones de vehículos que circulan por autopistas, para cada categoría de vehículos.

Estos resultados son calculados por el modelo COPERT III, basado en los parámetros incorporados en el mismo, la información se recolecta de las entidades que tengan pertinencia en el tema y estas a su vez cuentan con los datos necesarios para codificar las ordenes que permiten el funcionamiento del programa como la caracterización de la flota, tipo, características y consumo de combustible, patrones ambientales, condiciones de movilidad entre otras.

Tabla 12. Estimación cuantitativa de emisiones de CO<sub>2</sub> para fuentes móviles en el AMB

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>VÍA URBANA (ton/Año)</b>	<b>AUTOPISTA (ton/Año)</b>	<b>TOTAL (ton/Año)</b>
<b>VEHÍCULOS DE PASAJEROS</b>	<b>125.952</b>	<b>15.595</b>	<b>141.547</b>
De gasolina menores a 1400 c.c	60.642	7.842	68.483
De gasolina entre 1400 y 2000 c.c	57.849	6.926	64.775
de gasolina mayores a 2000 c.c	6.920	752	7.672
Diesel menores a 2000 c.c	541	76	617
<b>VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANOS</b>	<b>160.532</b>	<b>20.680</b>	<b>181.213</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	130.011	16.472	146.483
Diesel Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	30.521	4.209	34.729
<b>VEHÍCULOS DE CARGA PESADOS</b>	<b>744.705</b>	<b>105.752</b>	<b>850.457</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Mayor A 3,5 Ton	58.041	9.343	67.385
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 3,5 Y 7,5 Ton	132.406	15.562	147.968
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 37,5 Y 16 Ton	55.470	7.768	63.238
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 16 Y 32 Ton	60.822	8.644	69.466
Diesel Con Capacidad De Carga Mayor A 32 Ton	437.966	64.434	502.400
<b>BUSES</b>	<b>50135</b>	<b>7409</b>	<b>57544</b>
Buse Urbanos	50.135	7.409	57.544
<b>MOTOCICLETAS</b>	<b>71.878</b>	<b>10.031</b>	<b>81.909</b>
2 Tiempos Mayor A 50 C.C	13.670	3.147	16.816
4 Tiempos Menor A 250 C.C	50.639	6.031	56.670
4 Tiempos Mayor A 250 C.C y Menor de 750 CC	6.670	751	7.422
4 Tiempos Mayor A 750 C.C	898	103	1.001
<b>EMISIONES TOTALES (ton/año)</b>	<b>1.153.201</b>	<b>159.468</b>	<b>1.312.669</b>

Tabla 13. Estimación cuantitativa de emisiones de CH<sub>4</sub> para fuentes móviles en el AMB.

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>VÍA URBANA (ton/Año)</b>	<b>AUTOPISTA (ton/Año)</b>	<b>TOTAL (ton/Año)</b>
<b>VEHÍCULOS DE PASAJEROS</b>	<b>162</b>	<b>12</b>	<b>174</b>
De Gasolina Menores A 1400 C.C	89	7	96
De Gasolina Entre 1400 Y 2000 C.C	67	5	72
De Gasolina Mayores A 2000 C.C	6	0	7
Diesel Menores A 2000 C.C	0	0	0
<b>VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANOS</b>	<b>136</b>	<b>5</b>	<b>141</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	135	5	141
Diesel Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	1	0	1
<b>VEHÍCULOS DE CARGA PESADOS</b>	<b>154</b>	<b>14</b>	<b>168</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Mayor A 3,5 Ton	57	6	64
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 3,5 Y 7,5 Ton	34	2	36
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 37,5 Y 16 Ton	9	0	9
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 16 Y 32 Ton	13	1	15
Diesel Con Capacidad De Carga Mayor A 32 Ton	41	4	45
<b>BUSES</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>11</b>
Buse Urbanos	10	1	11
<b>MOTOCICLETAS</b>	<b>561</b>	<b>123</b>	<b>685</b>
2 Tiempos Mayor A 50 C.C	129	28	157
4 Tiempos Menor A 250 C.C	381	84	465
4 Tiempos Mayor A 250 C.C y Menor de 750 CC	46	10	56
4 Tiempos Mayor A 750 C.C	6	1	7
<b>EMISIONES TOTALES (ton/año)</b>	<b>1.024</b>	<b>155</b>	<b>1.180</b>

Tabla 14. Estimación cuantitativa de emisiones de N<sub>2</sub>O para fuentes móviles en el AMB

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>VÍA URBANA (ton/año)</b>	<b>AUTOPISTA (ton/año)</b>	<b>TOTAL (ton/año)</b>
<b>VEHÍCULOS DE PASAJEROS</b>	<b>85</b>	<b>13</b>	<b>98</b>
De Gasolina Menores A 1400 C.C	47	7	54
De Gasolina Entre 1400 Y 2000 C.C	34	5	40
De Gasolina Mayores A 2000 C.C	3	0	4
Diesel Menores A 2000 C.C	0	0	0
<b>VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANOS</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>60</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	49	7	57
Diesel Con Capacidad De Carga Menor A 3,5 Ton	3	1	4
<b>VEHÍCULOS DE CARGA PESADOS</b>	<b>39</b>	<b>9</b>	<b>48</b>
De Gasolina Con Capacidad De Carga Mayor A 3,5 Ton	2	1	3
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 3,5 Y 7,5 Ton	15	3	19
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 37,5 Y 16 Ton	4	1	5
Diesel Con Capacidad De Carga Entre 16 Y 32 Ton	3	1	3
Diesel Con Capacidad De Carga Mayor A 32 Ton	15	3	18
<b>BUSES</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
Buse Urbanos	2	0	3
<b>MOTOCICLETAS</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
2 Tiempos Mayor A 50 C.C	2	0	2
4 Tiempos Menor A 250 C.C	4	1	5
4 Tiempos Mayor A 250 C.C y Menor de 750 CC	0	0	1
4 Tiempos Mayor A 750 C.C	0	0	0
<b>EMISIONES TOTALES (ton/año)</b>	<b>185</b>	<b>31</b>	<b>216</b>

### **3.6 INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.**

**3.6.1 Incertidumbres y validación de la eficacia y fiabilidad de las metodologías implementadas para las emisiones de CO2 en fuentes fijas.** La función de las estimaciones en esta parte, es establecer una correspondencia entre los resultados del muestreo isocinético (datos reales) y las estimaciones hechas con las metodologías (Datos Conceptuales) del IPCC y la EPA.

Se busca que la diferencia porcentual sea la mínima posible, esto es, que las estimaciones se acerquen a los resultados con el muestreo isocinético donde se presentan los resultados más confiables y se conceptualiza con la siguiente formula:

$$Y = t + e$$

Donde **Y** representa las estimaciones hechas por la metodología del IPCC y la EPA, **t** los resultados con el muestreo isocinético y **e** la diferencia porcentual en las estimaciones. Si no hay diferencia en las mediciones, las estimaciones y los resultados del muestreo isocinético son iguales.  $Y = t$ . Representa el ideal en estas estimaciones.

Para las metodologías del IPCC y de la EPA, los factores de emisión representan el dato más importante en las estimaciones, dependiendo estos de las condiciones de uso, calidad del mantenimiento, antigüedad del equipo utilizado y del combustible donde se supone que el carbono presente en este se oxida completamente, en consecuencia los factores de emisión por defecto los determinan en condiciones idóneas.

Por otra parte las empresas reportan los resultados de las emisiones aplicando los métodos de la U.S.EPA y la validación de estos no solo depende de la presencia de la autoridad ambiental sino también de verificaciones como la ausencia de flujo turbulento, Inspección del estado de la chimenea, calibración de los equipos, pruebas preliminares y finales de fugas como en el equipo analizador de gas entre

otras, en definitiva el muestreo isocinético no está exento de imprecisiones, cualquier método mal aplicado se verá reflejado en los resultados.

A causa de esto se puede soportar la eficacia con la afinidad que pueda haber entre las estimaciones y los resultados del muestreo isocinético y la fiabilidad sustentarla con la diferencia porcentual que se produce en estas (Tabla 15), estos a su vez están por encima del cero porciento, cuanto mas se aleje de cero mayor diferencia habrá en las estimaciones hechas, por lo anterior, se tendrán en cuenta dos consideraciones:

- **Datos del muestreo confiables.**
- **Factores de emisión y datos de actividad Confiable.**

- **Datos del muestreo confiable**

Como primer paso se halla el promedio aritmético o media de la diferencia porcentual entre los resultados del muestreo isocinético y la metodología implementada, que representa el valor promedio de todos los valores incluidos en las diferencias. Si se tiene n diferencias porcentuales,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , entonces la media esta dada por:

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3, \dots, x_n}{n}$$

Teniendo en cuenta la Tabla 15 se tiene un promedio en la diferencia porcentual por la metodología del IPCC y la EPA del 48,7% y 48,5% respectivamente, una inexactitud de las metodologías notablemente alto.

El promedio aritmético sufre de una deficiencia que la hace ser una medida inapropiada del centro en algunas circunstancias: su valor puede ser afectado en gran medida por la presencia de incluso un solo valor extremo, si por ejemplo sacamos las empresas que presentan una diferencia porcentual por encima del 100% (Grafica 1: empresas excluidas 5) el promedio aritmético estaría en 35,6% por el IPCC, un porcentaje de error aceptado para este tipo de investigaciones.

Grafica 1. Diferencia Porcentual entre muestreo isocinético y Metodología del IPCC

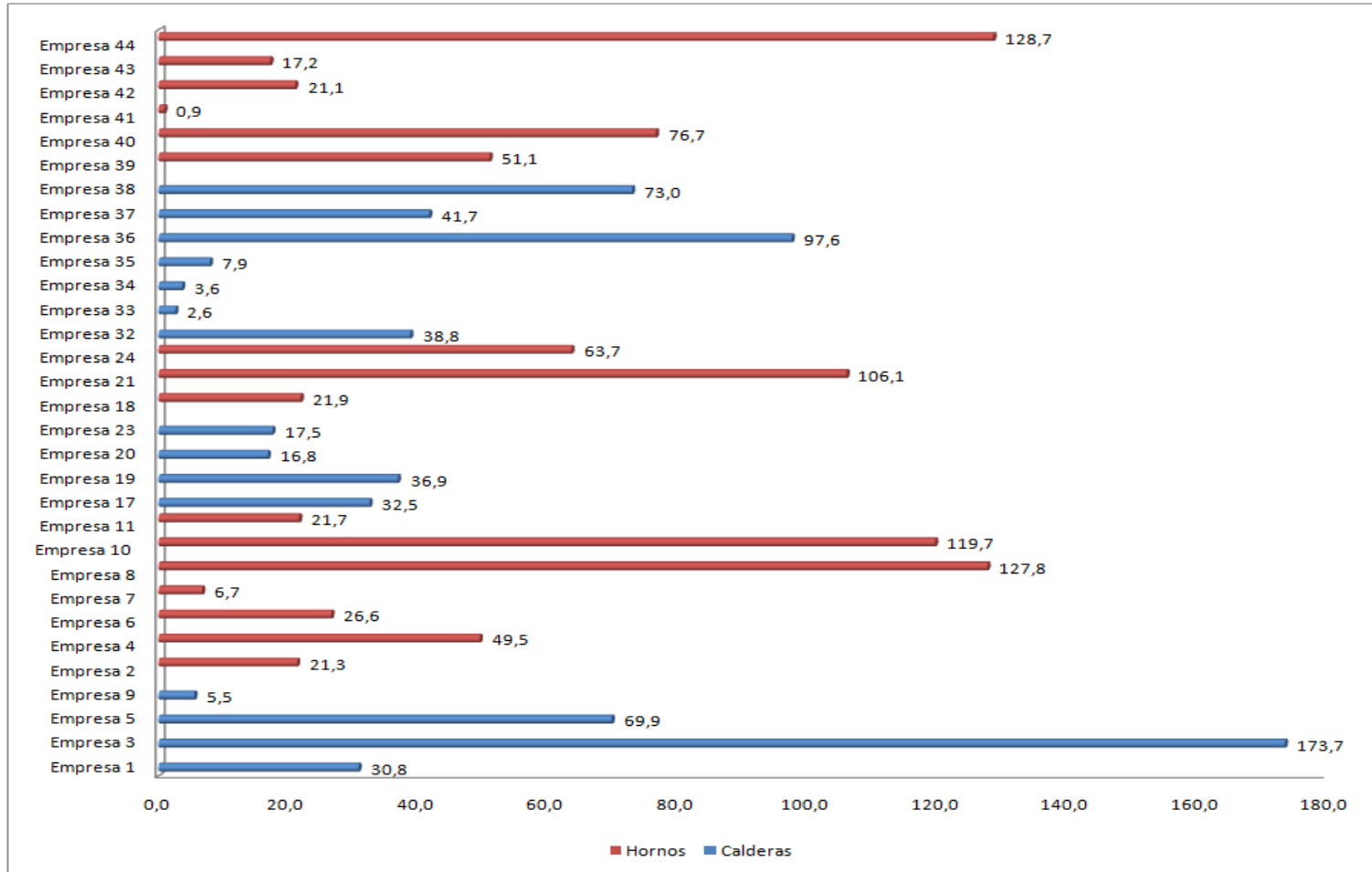


Tabla 15. Diferencia porcentual de la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> entre las empresas que tienen muestreo isocinético y las metodologías del IPCC y la EPA.<sup>25</sup>

Combustible	Empresa	Diferencia porcentual entre muestreo isocinético y Metodología del IPCC		Diferencia porcentual entre muestreo isocinético y Metodología de la EPA	
		Calderas	Hornos	Calderas	Hornos
1. CARBON MINERAL	Empresa 1	30,8		32,1	
	Empresa 3	173,7		168,6	
	Empresa 5	69,9		56,4	
	Empresa 9	5,5		11,0	
	Empresa 2		21,3		23,2
	Empresa 4		49,5		50,6
	Empresa 6		26,6		27,5
	Empresa 7		6,7		14,7
	Empresa 8		127,8		143,2
	Empresa 10		119,7		116,5
	Empresa 11		21,7		33,2
2. GAS NATURAL	Empresa 17	32,5		33,7	
	Empresa 19	36,9		38,0	
	Empresa 20	16,8		18,3	
	Empresa 23	17,5		19,1	
	Empresa 18		21,9		23,3
	Empresa 21		106,1		102,3
	Empresa 24		63,7		60,8
3. BIOMASA	Empresa 32	38,8		39,6	
	Empresa 33	2,6		2,0	
	Empresa 34	3,6		4,2	
	Empresa 35	7,9		3,1	
	Empresa 36	97,6		98,8	
4. ACPM	Empresa 37	41,7		40,9	
	Empresa 38	73,0		72,0	
	Empresa 39		51,1		51,7
	Empresa 40		76,7		76,9
5. ACEITE	Empresa 41		0,9		1,4
	Empresa 42		21,1		21,7
6. CARBON COQUE	Empresa 43		17,2		13,6
7. GLP	Empresa 44		128,7		105,7

<sup>25</sup> Son tomados de las tablas 15 a la 21 Reporte de resultados en la estimación de emisiones del presente estudio.

Es de esperarse que algunas estimaciones produzcan valores apartados y con estas diferencias porcentuales altas, el uso del promedio calculado puede ser engañoso, por lo cual se busca una medida que sea menos sensible a los valores apartados del promedio.

La mediana es muy insensible a los valores alejados, esta se obtiene ordenando las  $n$  observaciones de menor a mayor, entonces la Mediana se obtiene de la siguiente manera:

- El valor medio único si  $n$  es impar =  $(\frac{n+1}{2})^{\text{n-ésimo}}$  valor ordenado.
- El promedio de los dos valores medios si  $n$  es par = Promedio de  $(\frac{n}{2})^{\text{n-ésimo}}$  y  $(\frac{n+1}{2})^{\text{n-ésimo}}$  valores ordenados

Se tienen 31 diferencias porcentuales que son las empresas que tienen muestreo isocinético, entonces  $n=31$ , como es un número impar tendremos un único valor, ordenando las diferencias porcentuales de menor a mayor tendremos que la mediana resultante es 16 (tablas 16 y 17), corresponde a la Empresa 17 con 32.5% y 33.7% en las diferencias porcentuales utilizando las metodologías del IPCC y la EPA, el cual es una diferencia porcentual más baja que la obtenida por el promedio aritmético.

Desde el punto de vista estadístico la mediana puede llenar algunas expectativas pero a continuación se analiza, tanto la metodología como los datos del muestreo isocinético para comprender las diferencias entre los resultados obtenidos.

Si el muestreo es confiable se espera una diferencia porcentual menor del 40% aplicando metodologías para estimar según experticia de los funcionarios de la CDMB; como se puede observar en las tablas 16 y 17 de la empresa 32 hacia abajo no están dentro del rango esperado y la inquietud se manifiesta entonces, con la obtención y selección de datos como el consumo de combustible, poder calorífico y factor de emisión.

Tabla 16. Diferencia porcentual ordenados de menor a mayor (Metodología del IPCC)

	Empresa	
1	Empresa 41	0,9
2	Empresa 33	2,6
3	Empresa 34	3,6
4	Empresa 9	5,5
5	Empresa 7	6,7
6	Empresa 35	7,9
7	Empresa 20	16,8
8	Empresa 43	17,2
9	Empresa 23	17,5
10	Empresa 42	21,1
11	Empresa 2	21,3
12	Empresa 11	21,7
13	Empresa 18	21,9
14	Empresa 6	26,6
15	Empresa 1	30,8
16	Empresa 17	32,5
17	Empresa 19	36,9
18	Empresa 32	38,8
19	Empresa 37	41,7
20	Empresa 4	49,5
21	Empresa 39	51,1
22	Empresa 24	63,7
23	Empresa 5	69,9
24	Empresa 38	73,0
25	Empresa 40	76,7
26	Empresa 36	97,6
27	Empresa 21	106,1
28	Empresa 10	119,7
29	Empresa 8	127,8
30	Empresa 44	128,7
31	Empresa 3	173,7

Tabla 17 Diferencia porcentual ordenados de menor a mayor (Metodología EPA)

	Empresa	
1	Empresa 41	1,4
2	Empresa 33	2,0
3	Empresa 35	3,1
4	Empresa 34	4,2
5	Empresa 9	11,0
6	Empresa 43	13,6
7	Empresa 7	14,7
8	Empresa 20	18,3
9	Empresa 23	19,1
10	Empresa 42	21,7
11	Empresa 2	23,2
12	Empresa 18	23,3
13	Empresa 6	27,5
14	Empresa 1	32,1
15	Empresa 11	33,2
16	Empresa 17	33,7
17	Empresa 19	38,0
18	Empresa 32	39,6
19	Empresa 37	40,9
20	Empresa 4	50,6
21	Empresa 39	51,7
22	Empresa 5	56,4
23	Empresa 24	60,8
24	Empresa 38	72,0
25	Empresa 40	76,9
26	Empresa 36	98,8
27	Empresa 21	102,3
28	Empresa 44	105,7
29	Empresa 10	116,5
30	Empresa 8	143,2
31	Empresa 3	168,6

### Consumo de combustible

Si la duda está con el consumo de combustible por bajo o sobrestimaciones, estas se pueden dar por que no se registra de manera minuciosa el gasto del comburente en la empresa o se equivocan en la escritura. Ejemplo de esto fue una empresa del AMB que trabaja 5 días por semana 16 horas al día y según su

expediente consume 130 toneladas/día de cascarilla de palma para su caldera, el combustible tiene un poder calorífico neto (PCneto) de 4501kcal/kg = 1.885<sup>-5</sup> TJ/kg y un Factor de Emisión de 100000kg/TJ y los datos con el muestreo isocinético son: % CO<sub>2</sub> = 3.95 y Q<sub>R</sub> = 89,78  $\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$  = 5386.8  $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

- Metodología del IPCC.

$$E_{\text{CO}_2} = \text{CC} * \text{PCneto} * \text{FECO}_2$$

$$E_{\text{CO}_2} = (8.125 \text{ ton/hora}) * (4224 \text{ horas/Año}) * (1.885^{-5} \text{ TJ/kg}) * (100000 \text{ kg/TJ})$$

$$E_{\text{CO}_2} = 64678.40 \left[ \frac{\text{ton}}{\text{Año}} \right]$$

- Muestreo Isocinético:

$$E_{\text{CO}_2} \left[ \frac{\text{ton}}{\text{Año}} \right] = \frac{\% \text{CO}_2 * \left( 44 \frac{\text{kg}}{\text{Kmol}} \right) * Q_R \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (\text{horas de funcionamiento})}{10^5 * 22.4 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}}$$

$$E_{\text{CO}_2} = 1765.52 \left[ \frac{\text{ton}}{\text{Año}} \right]$$

Esta empresa no se tuvo en cuenta en las estimaciones ya que la diferencia porcentual entre el muestreo y la metodología era del 3563.4% y es de resaltar que es poco probable que esta caldera consuma 8.125 ton/hora

Una manera para determinar un rango en el consumo de combustible de una empresa determinada y evitar este tipo de contratiempos, es compararla con otras que se encuentren en las mismas condiciones, quiere decir que si una empresa funciona 7 días a la semana, 24 horas al día, que utiliza el mismo combustible y tecnología (Caldera, horno) y tiene la misma referencia (Capacidad, producción de vapor, marca), se podría determinar la amplitud de la variación entre el mínimo y el máximo del consumo de combustible del establecimiento para compararlo con la información suministrada por la empresa, en este estudio no se evalúa lo

propuesto ya que no se cuenta con toda la información requerida para determinar ese rango y se basó en el principio de honestidad y fiabilidad de la información entregada por los industriales.

### **Poder Calorífico**

La mayoría de las empresas solicitan el poder calorífico bruto a sus distribuidores de combustible y estos son anotados en los expedientes del monitoreo isocinético, a excepción de las que utilizan biomasa que también suministraron el poder calorífico neto es necesario este último para las estimaciones con la metodología del IPCC, para convertir a poder calorífico neto se supuso que los valores eran un 5 por ciento menores que los poderes caloríficos brutos para el carbón y el petróleo y 10 por ciento menores para el gas, estos ajustes de porcentajes son las hipótesis de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Agencia Internacional de Energía (OCDE/AIE) sobre la forma de convertir valores calóricos brutos a netos y se atiende esta suposición ya que no se cuenta con los datos para determinarlos como lo plantea el IPCC ni la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y se propuso en el capítulo uno del presente estudio (Tipo y características del combustible). Para las empresas que no proporcionaron el poder calorífico, como las que usaban ACPM y aceite reciclado, se tomó por defecto del IPCC, estos son determinados por la AIE y las Naciones Unidas (ONU). Ambos organismos internacionales recopilan datos de la energía de las administraciones nacionales de sus países miembro, a través de sistemas de cuestionarios. Los rangos de incertidumbre se calculan partiendo de esta información, mediante un análisis de Monte Carlo (5 000 reiteraciones).

### **Factores de Emisión**

Conocida la actividad<sup>26</sup>, tipo de combustible y tecnología utilizada en cada una de las empresas del AMB el factor de emisión es característico para cada proceso,

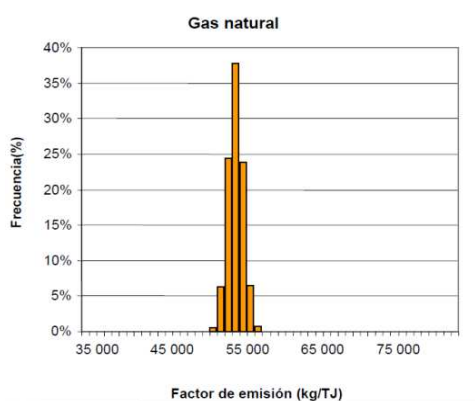
---

<sup>26</sup> Actividad: Donde aplique su proceso de combustión (generación de energía, procesos industriales, aplicaciones residenciales)

para lo cual es necesario conocer el equipo y seleccionar adecuadamente el factor de emisión a ser empleado para la estimación de emisiones. En esta propuesta ya se hizo referencia en el capítulo introductorio sobre los tipos y características de los combustibles junto a la tecnología utilizada en las fuentes fijas puntuales del AMB y se centra en la selección de los Factores de Emisión, se opta por la selección por defecto considerando que para determinarlos no solo se necesitan de los datos que se plantearon en el capítulo 2 de esta investigación, sino también de experiencia, recursos económicos, análisis estadístico sobre la características de los combustibles y de la configuración de las tecnologías utilizadas en cada empresa para la obtención de buenos resultados.

Ese análisis estadístico en el combustible es el que utiliza el IPCC para proporcionar los límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 por ciento. Los rangos de incertidumbre provistos para los factores de emisión desarrollado por el protocolo se calcula partiendo de esta información, mediante un análisis de Monte Carlo (5000 reiteraciones), en este, se aplicaron las distribuciones lognormales, ajustadas según los límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 por ciento, para las funciones de distribución de probabilidad (Gráfica 2).

Gráfica 2. Ejemplos típicos de las funciones de distribución de probabilidad (FDP) para los factores eficaces de emisión de CO<sub>2</sub> para la quema de combustibles.



Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2 capítulo 1, página: 1.28

Los Factores de emisión de la EPA llevan asociados un índice de calidad que representa la capacidad para aproximarse a las tasas medias de emisión de una determinada fuente y que siempre está referido a las condiciones de operación y medida en las que ha sido determinado el factor.

Tabla 18. Calidad en los Factores de Emisión

Tipo de Factor	Calidad de Factor
<b>A</b>	Excelente
<b>B</b>	Medio-Alto
<b>C</b>	Medio
<b>D</b>	Medio-Bajo
<b>E</b>	Bajo

Fuente: Introduction to AP 42, Volume I, Fifth Edition, Página 9 y 10

Una referencia singular en este análisis son las diferencias porcentuales presentes en las empresas 21 y 44 dedicadas a la cremación de cadáveres. Se puede manifestar que en el camposanto declaran como combustible utilizado al gas natural y GLP correspondientemente, pero hay que tener en cuenta que el cuerpo que entra al horno crematorio actúa como comburente en la incineración y en las metodologías consultadas no se encuentran poderes caloríficos, ni factores de emisión por defecto para cadáveres y con estos poder inferir en las diferencias de las estimaciones en estudio.

Por ultimo la obtención y selección de datos para estimar las emisiones presentan diferencias porcentuales pero son relativamente bajos y no deberían alejarse tanto de los resultados obtenidos con el monitoreo isocinético, en consecuencia se tiene en cuenta la segunda consideración: datos de actividad y Factores de Emisión confiables

- **Factores de emisión y datos de actividad Confiable.**

Las normas y estándares de emisiones admisibles de contaminantes a la atmosfera para fuentes fijas (Resolución 909 del 2008) establecen un Oxigeno de Referencia del once por ciento ( $O_2\text{ref} = 11\%$ ) para los equipos de combustión externa (Calderas, hornos, secadores). El  $O_2\text{ref}$  indicado en esta resolución se fija para confrontarlo con el porcentaje de  $O_2$  producido en la chimenea, si el analizador de gases indica un porcentaje de  $O_2$  por encima del 11% señala que el porcentaje de dióxido de Carbono ( $\%CO_2$ ) en la muestra tiende a diluirse, es decir, si se encuentra exceso en el porcentaje de  $O_2$  evidencia que hay exceso de aire y con esto puede haber una disminución en el  $\%CO_2$  de la muestra, si esto pasa, teóricamente tendría que aumentar el caudal en los gases de chimenea ( $Q_R$ ) debido al exceso de aire, en caso contrario puede pasar que el método 2 de la U.S.EPA (Determinación de la velocidad de las emisiones y del flujo volumétrico en chimeneas o ductos con tubo pitot.) no se está realizando de una manera adecuada y se conceptualiza en la siguiente formula:

$$E_{CO_2} \left[ \frac{Mg}{Año} \right] = \frac{\left( 44 \frac{kg}{Kmol} \right) * \%CO_2 * \left( Q_R \frac{m^3}{h} \right) (\text{horas de funcionamiento})}{10^5 * \left( 22.4 \frac{kmol}{m^3} \right)}$$

Donde:

$E_{CO_2}$  = Emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ )

44 = Corresponde al peso molecular del dióxido de carbono ( $CO_2$ )

$\%CO_2$  = Porcentaje de dióxido de carbono en la muestra tomado del equipo analizador de gases

$Q_R$  = Caudal en los gases de Chimenea

$10^5$  = Factor de conversión para pasar de kilogramos a Mega gramos

22.4 = Concentración molar del dióxido de carbono ( $CO_2$ )

Haciendo revisión de las empresas que presentan diferencias porcentuales altas, se converge con lo anteriormente reseñado, un ejemplo de esto es la empresa 3 que presenta diferencias porcentuales entre los resultados del muestreo

isocinético y la metodología del IPCC y la EPA del 173.7% y 168.6% respectivamente. Se presenta a continuación el análisis detallado de las emisiones emitidas en un año por esta empresa:

Días de operación por semana= 6, Tiempo de Operación (Horas/día) = 24, su caldera funciona alrededor de 7488 horas al año.

Consumen 266 kg/h de carbón mineral, este tiene un Poder Calorífico Neto (PCN) de 7087 kcal/kg ( $2.97^{-5} \frac{TJ}{kg}$ ) y un Factor de Emisión ( $FE_{CO_2}$ ) por defecto de  $94600 \frac{kg}{TJ}$

- Metodología del IPCC.

$$E_{CO_2} = CC * PCN * FE_{CO_2}$$

$$E_{CO_2} = (7488 \text{ horas/Año}) * (266 \text{ kg/hora}) * (2.97 \text{ exp } -5 \text{ TJ/kg}) * (94600 \text{ kg/TJ})$$

$$E_{CO_2} = 5591186.80 \text{ kg CO}_2/\text{Año} = 5591.19 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

- Metodología de la EPA:

$$E_{CO_2} = CC * FE_{CO_2}$$

$$FE_{CO_2} = 2.755 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$$

$$E_{CO_2} = (7488 \text{ horas/Año}) * (266 \text{ kg/horas}) * (2.755 \text{ kgCO}_2/\text{kg})$$

$$E_{CO_2} = 5487431.04 \text{ kg CO}_2/\text{Año} = 5487.43 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

- Muestreo Isocinético:

$$E_{CO_2} \left[ \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \right] = \frac{\%CO_2 * \left( 44 \frac{\text{kg}}{\text{Kmol}} \right) * Q_R \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (\text{horas de funcionamiento})}{10^5 * 22.4 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}}$$

- $\%CO_2 = 1,75$  y  $\%O_2 = 19$ ,  $Q_R = 132.28 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 7936.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

$$E_{CO_2} = 2042.99 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

La empresa 3 presenta bajo el % de CO<sub>2</sub> (1,75%) y supuestamente el caudal en los gases de chimenea tendría que ser más alto para que las emisiones estén próximas a las estimaciones hechas con la metodología del IPCC y la EPA, partiendo que los Factores de emisión y datos de actividad son confiables, si se tiene en cuenta esto lo que se debería observar es el método 2 de la U.S.EPA (Determinación de la velocidad de las emisiones y del flujo volumétrico en chimeneas o ductos con tubo pitot.) y para la obtención de buenos resultados con este método se necesita que los equipos utilizados estén calibrados, que el tubo pitot no tenga fugas y que la velocidad debe ser tomada aproximadamente igual a la de los gases de salida por chimenea (+/- 10 por 100 de la velocidad de flujo volumétrico real), que las termocuplas funcionen bien, depende de algunos datos de laboratorio, de que no hallan fugas de gases en la tecnología utilizada, a fin de cuentas y como se declaró en un principio, este procedimiento no está libre de imprecisiones.

Al comienzo se manifestó que las mediciones en la fuente eran las más confiables debido a que el análisis se realiza directamente en la chimenea, pero con este procedimiento se considera valioso el buen uso de las técnicas proyectadas en los métodos de la EPA y el dictamen que hace la resolución 909 del 2008 con el oxígeno de referencia, la tabla 19 muestra las empresas con los datos analizados.

### **Eficacia.**

A raíz del análisis hecho en el estudio, se puede afirmar que en efecto, hay una concordancia entre los resultados del muestreo y las estimaciones a la hora de validar la eficacia de la metodología implementada, siempre y cuando la medición en la fuente cumpla los lineamientos de los métodos de muestreo, cálculos recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA) y el procedimiento lo lleve a cabo empresas consultoras certificadas por el IDEAM.

Tabla 19. Porcentajes de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y diferencia porcentual entre el muestreo y las metodologías

		%O <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	QR [m <sup>3</sup> /h]	Diferencia porc. con el IPCC	Diferencia porc. con la EPA	Caldera	Horno
1. CARBON MINERAL	Empresa 1	13,2	6,9	140,6	30,8	32,1	x	
	Empresa 3	19,0	1,8	132,3	173,7	168,6	x	
	Empresa 5	14,6	5,7	57,4	56,4	69,9	x	
	Empresa 9	15,9	4,5	70,5	5,5	11,0	x	
	Empresa 2	10,9	8,9	127,8	21,3	23,2		x
	Empresa 4	7,5	1,4	274,2	49,5	50,6		x
	Empresa 6	7,8	1,4	293,7	26,6	27,5		x
	Empresa 7	18,9	1,7	202,3	6,7	14,7		x
	Empresa 8	19,2	1,0	117,7	127,8	143,2		x
	Empresa 10	20,1	0,8	123,7	119,7	116,5		x
	Empresa 11	16,8	2,6	140,0	21,7	33,2		x
2. GAS NATURAL	Empresa 17	5,2	8,8	22,9	32,5	33,7	x	
	Empresa 19	9,2	7,0	31,2	36,9	38,0	x	
	Empresa 20	8,9	6,7	33,1	16,8	18,3	x	
	Empresa 23	5,3	8,7	9,1	17,5	19,0	x	
	Empresa 18	13,0	6,0	99,1	21,9	23,3		x
	Empresa 21	10,1	6,1	40,0	106,1	102,3		x
	Empresa 24	13,3	4,3	62,3	63,7	60,8		x
3. BIOMASA	Empresa 32	9,7	5,8	132,9	38,8	39,6	x	
	Empresa 33	8,6	12,0	79,8	2,6	2,0	x	
	Empresa 34	13,8	10,1	74,7	3,6	4,2	x	
	Empresa 35	8,7	11,9	66,5	7,9	3,1	x	
	Empresa 36	18,3	2,3	32,8	97,6	98,8	x	
4. ACPM	Empresa 37	16,9	3,2	275,7	51,1	51,7	x	
	Empresa 38	9,6	11,1	96,6	76,7	76,9	x	
	Empresa 39	13,8	5,8	157,8	41,7	40,9		x
	Empresa 40	16,2	3,6	97,2	73,0	72,0		x
5. ACEITE	Empresa 41	12,4	7,6	76,6	0,9	1,4		x
	Empresa 42	16,7	2,4	29,2	21,1	21,7		x
6. CARBON COQUE	Empresa 43	0,8	16,1	36,7	17,2	13,6		x
7. GLP	Empresa 44	16,5	2,5	38,4	128,7	105,7		x

### Fiabilidad.

Se examina teniendo en cuenta la tecnología y combustible utilizado (tabla 20) y considerando los resultados obtenidos en el estudio:

- Empresas que utilizan Hornos con aceite reciclado con un 11,0 y 11.6 de diferencia porcentual seguido de las que utilizan carbón coque con 17,2 y 13.6 de diferencia porcentual por la metodología del IPCC y la EPA respectivamente, a priori puede existir discrepancia con esta observación ya que las empresas que utilizan aceite reciclado y carbón coque son 2 y 1 correspondientemente (Tabla 19).
- Empresas que utilizan Calderas con gas natural con un 26,0 y 27,3 de diferencia porcentual seguido de las que utilizan Biomasa con un 30.1 y 29.5 de diferencia porcentual por la metodología del IPCC y la EPA respectivamente, a diferencia de la anterior tecnología las empresas evaluadas son 4 que utilizan gas natural y 5 que utilizan biomasa como combustible.

Tabla 20. Diferencia porcentual global por Tecnología y por combustible

		Metodología	Diferencia porcentual por Tecnología	
			CALDERAS	HORNOS
Diferencia porcentual por Combustible	CARBON MINERAL	IPCC	70,0	53,3
		EPA	67,0	58,4
	GAS NATURAL	IPCC	26,0	63,9
		EPA	27,3	62,1
	BIOMASA	IPCC	30,1	N.A
		EPA	29,5	N.A
	ACPM (FUEL OIL Nº2)	IPCC	57,4	63,9
		EPA	56,4	64,3
	ACEITE RECICLADO	IPCC	N.A	11,0
		EPA	N.A	11,6
	CARBON COQUE	IPCC	N.A	17,2
		EPA	N.A	13,6
	GLP	IPCC	N.A	128,7
		EPA	N.A	105,7

**3.6.2 incertidumbre para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en fuentes fijas.** La incertidumbre introducida producto de la estimación de las emisiones de Metano y Oxido Nitroso suele ser mucho mayor de la que podemos encontrar en las estimaciones de Dióxido de carbono. Esto debido a la alta susceptibilidad de estas al tipo de tecnología que se emplea para la quema del combustible y las condiciones de operación a las cuales esta tecnología está sometida.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen principalmente de la fracción de oxidación del carbono contenido en el combustible a la hora del proceso de combustión y no están relacionadas con los patrones tecnológicos y de operación aunque estos podrían variar las emisiones pero no sería tan representativo. Caso contrario pasa con las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, ya que estas están directamente relacionadas con cualquier variación que pueda existir en el proceso de combustión y del tipo de equipo usado, ya que la formación de estos gases ocurre a diferentes temperaturas y no es posible determinar cuales son la condiciones específicas bajo las cuales opera cada empresa, más aún la variación en las emisiones de estos gases puede variar en un solo equipo.

#### **Uso de factores de emisión**

El uso de los factores de emisión para estos gases puede considerarse crítico y da cabida a que se presente una incertidumbre muy grande. La determinación de los factores de emisión para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O no se realiza de una forma sencilla, determinar estos factores es una actividad compleja ya que es necesario analizar todos los posibles cambios que pueda existir durante la operación del equipo de combustión, los equipos auxiliares (quemadores, ventiladores, etc.), el analizar la forma de alimentación del combustible entre otras.

Por lo anterior el protocolo dispone tanto del combustible como las tecnologías utilizadas en el AMB (Calderas y Hornos) necesarias para seleccionar los factores de emisión y nos valemos de esto como de las incertidumbres tratadas en el protocolo para estimar cuantitativamente las emisiones de metano y oxido nitroso.

Para el caso de los hornos que operan con carbón mineral, se limita a estimar las emisiones solamente por combustión, obviando la tecnología y las condiciones de operación bajo las cuales ocurren estas emisiones ya que no hay estudios que nos permitan dar más detalle al respecto. Para las calderas que funcionan con este combustible se puede expresar que los resultados obtenidos para este tipo de configuración son más precisos que la tecnología anteriormente mencionada ya que no solo muestra el combustible sino la configuración de la tecnología utilizada. Para los Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de la EPA estos son determinados por combustible y tipo de tecnología. Pero como se mencionó anteriormente con el CO<sub>2</sub> utilizando esta metodología, estos también están asociados a un índice de calidad que se determina de acuerdo a la clasificación que mostró en la tabla 18. Las incertidumbres más grandes se pueden presentar en el uso de los factores de emisión para el Oxido Nitroso ya que todos los factores de emisión disponibles para este gas son de tipo E, el cual es el más bajo en su índice de calidad y nos lleva a concluir que los resultados obtenidos no sean fiables o del todo representativos. No ocurre lo mismo con los factores de emisión para el CH<sub>4</sub>, que su mayoría son de tipo B, y los resultados obtenidos se pueden considerar con un nivel de confianza mucho mayor respecto de los resultados obtenidos de N<sub>2</sub>O. La incertidumbre también se debe a que el uso de factores de emisión empleados para este cálculo, son factores de emisión por defecto y no necesariamente describe las características bajo las cuales operan las industrias locales en cuanto a tipo de tecnología empleada, tipo de operación de la fuente de combustión, temperaturas de operación y sistemas de alimentación de la fuente.

La estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para las empresas en el AMB nos permite determinar que hay un alto grado de concordancia entre los resultados obtenidos por cada una de las metodologías en las emisiones de CH<sub>4</sub>, no así para el N<sub>2</sub>O. Un ejemplo de esto es la empresa 23 que opera con una caldera que funciona con gas natural y se obtuvieron los siguientes resultados:

GEI	Emisión Mg/Año	Metodología
CH4	0,011	IPCC
CH4	0,012	EPA
N2O	0,0011	IPCC
N2O	0,0114	EPA

Se puede apreciar que los resultados obtenidos de las emisiones de CH<sub>4</sub> son muy similares entre las dos metodologías, mientras que las emisiones de N<sub>2</sub>O son muy diferentes, tienen una diferencia de diez unidades aproximadamente una respecto a la otra.

En el monitoreo isocinético solo es posible determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> y no las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, debido a que no se cuenta con la tecnología necesaria para medir este tipo de emisiones. Por esta razón no contamos con un parámetro de comparación para determinar que tan confiable es la metodología implementada para el AMB, por lo tanto los resultados obtenidos se considera que los mas representativos son los que se asemejen mas de una metodología a otra.

**3.6.3 Incertidumbre en fuentes móviles.** Para esta parte de la investigación se mencionan los diferentes aspectos y parámetros que pudieron incrementar la incertidumbre de las estimaciones obtenidas en el transporte terrestre con el programa Europeo de modelación Copert III y afectar la representatividad de los mismas.

El primer aspecto a mencionar en la implementación de esta herramienta informática son las condiciones para las cuales fue diseñado y se plantea el primer inconveniente como es la adaptación a nuestro entorno, a las condiciones del AMB, otro aspecto es el uso de factores de emisión que son desarrollados para condiciones típicas de las ciudades Europeas, a pesar que las emisiones varían de acuerdo a los datos ingresados no deja de ser un parámetro estudiado bajo sus condiciones, por otra parte la falta de información detallada y solida acerca de la flota vehicular de Bucaramanga, las condiciones de movilidad (trafico promedio

diario (TPD), velocidad promedio y kilómetros recorridos por la flota) y la caracterización detallada de las vías entre otras, son factores que afectan directamente los resultados obtenidos ya que la falta de estos nos lleva a que las estimaciones realizadas se basen en un gran número de simplificaciones y toma de datos de otros estudios.

Como no existe un patrón de comparación ni un método eficaz para determinar la aproximación de los resultados a la realidad, los resultados presentados requieren ser confrontados, una vez se cuente con estimaciones de otros estudios y la aplicación de este modelo con mejor información para el AMB.

### **Consumo de combustible**

Una de las fuentes de incertidumbre es el consumo de combustible. No se puede afirmar que todo el combustible distribuido en el AMB sea consumido dentro de la misma, esto es un factor determinante a la hora de estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Un ejemplo de esto es un carro que viaja por carretera nacional que se detiene en el AMB para reabastecerse de combustible y luego prosigue la marcha, aunque el vehículo no se encuentre circulando en el AMB las estimaciones con el programa las tienen en cuenta, de igual forma existen vehículos que no se reabastecen de combustible en el AMB pero que circulan en el área, súmese el combustible que puede ingresar de contrabando por Venezuela, a fin de cuentas, es complejo determinar el combustible consumido por el parque automotor en el área local, Tener un dato exacto del consumo de combustible en el AMB para estimar cuantitativamente las emisiones es un trabajo laborioso que no solo depende de las autoridades ambientales sino de entidades gubernamentales para determinar una cifra que se acerque a la realidad, por lo anterior se trabajó con datos que fueron suministrados por los distribuidores mayoristas de combustible para el AMB.

### **Información de la flota**

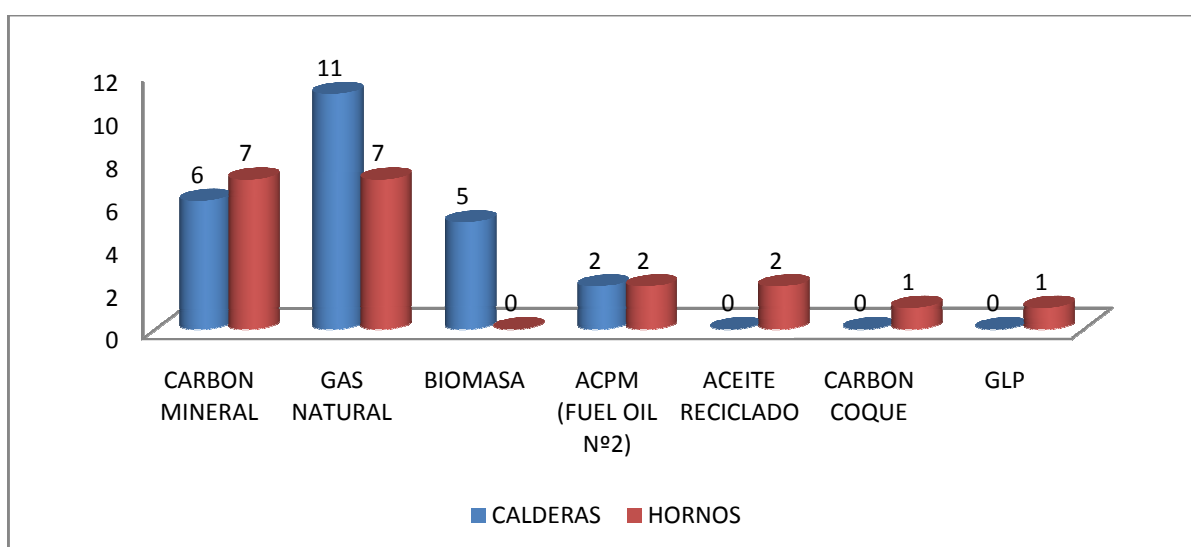
La flota que fue objeto de estudio en la estimación de GEI se basó en el parque automotor total que se encuentra matriculado en las oficinas de tránsito del AMB al año 2010, se asume que todo este parque automotor se encuentra actualmente dentro del AMB, algo que es poco probable pero no hay entidades que manejen cifras exactas, otros datos que no se manejó son los autos que salen de circulación y se encuentran inscritos en las secretarías de tránsito, los que no se encuentran matriculados en el AMB y circulan diariamente en esta, número de carros que dejan de circular por el pico y placa y/o vehículos que están parqueados, todo esto contribuye a que la incertidumbre en el resultado de las emisiones sea aun mayor.

Hay dos datos importantes en la estimación de emisiones con el programa Copert III que son la velocidad promedio y recorrido anual de la flota vehicular se toma de estudios hechos en la UIS (Evaluación de tres métodos de dispersión Gaussiana para la simulación de contaminación de monóxido de carbono en Bucaramanga) ya que ninguna entidad en el AMB tiene esta información, aunque los datos no son recientes y las condiciones de aquel entonces no son las mismas para el año 2010 se toman porque representan de alguna manera las condiciones para el transporte terrestre en el Área.

#### 4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

**4.1 Análisis de los resultados en fuentes fijas.** Se puede observar en la gráfica 3 que la tecnología y combustible más utilizados en el AMB son las calderas y el gas natural respectivamente.

Grafica 3. Número de Empresas en el AMB teniendo en cuenta la Tecnología y combustible utilizado.



	CARBON MINERAL	GAS NATURAL	BIOMASA	ACPM (FUEL OIL N°2)	ACEITE RECICLADO	CARBON COQUE	GLP	Nº DE EMPRESAS POR TECNOLOGIA
<b>CALDERAS</b>	6	11	5	2	N.A	N.A	N.A	24
<b>HORNOS</b>	7	7	N.A	2	2	1	1	20
<b>Nº DE EMPRESAS POR COMBUSTIBLE</b>	13	18	5	4	2	1	1	44

En la tabla 21 se tiene en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> para las empresas que tienen monitoreo Isocinético

Tabla 21. Reporte De Emisiones Totales del CO<sub>2</sub>

METODOLOGIA	REPORTE DE EMISIONES EN [Mg/Año]
IPCC	99827,1
EPA	98642,9
MI	89168,4

Donde MI: Emisiones con los datos del monitoreo Isocinético

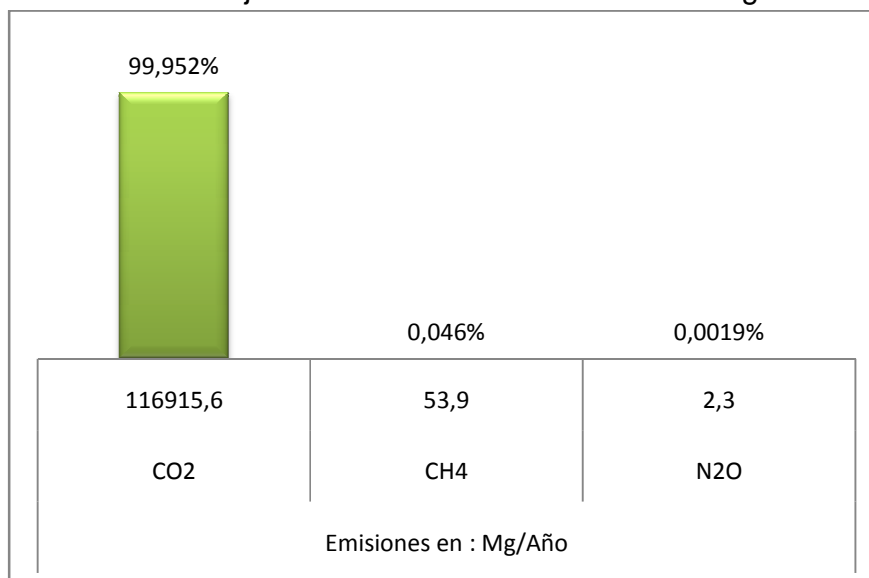
La tabla 22 nos muestra la estimación cuantitativa de las emisiones de dióxido de carbono, metano y oxido nitroso en fuentes fijas puntuales del AMB.

Tabla 22. Reporte de emisiones en Fuentes Fijas puntuales

GEI	METODOLOGIA	[MgGEI/Año]
CO <sub>2</sub>	IPCC	<b>116915,6</b>
CO <sub>2</sub>	EPA	<b>115383,9</b>
CH <sub>4</sub>	IPCC	<b>53,9</b>
CH <sub>4</sub>	EPA	<b>39,2</b>
N <sub>2</sub> O	IPCC	<b>2,3</b>
N <sub>2</sub> O	EPA	<b>2,3</b>

Gráfica 4. Se puede observar que las emisiones de dióxido de carbono representa más del 99% del total de emisiones evaluadas.

Grafica 4. Porcentaje en las Emisiones con la Metodología del IPCC



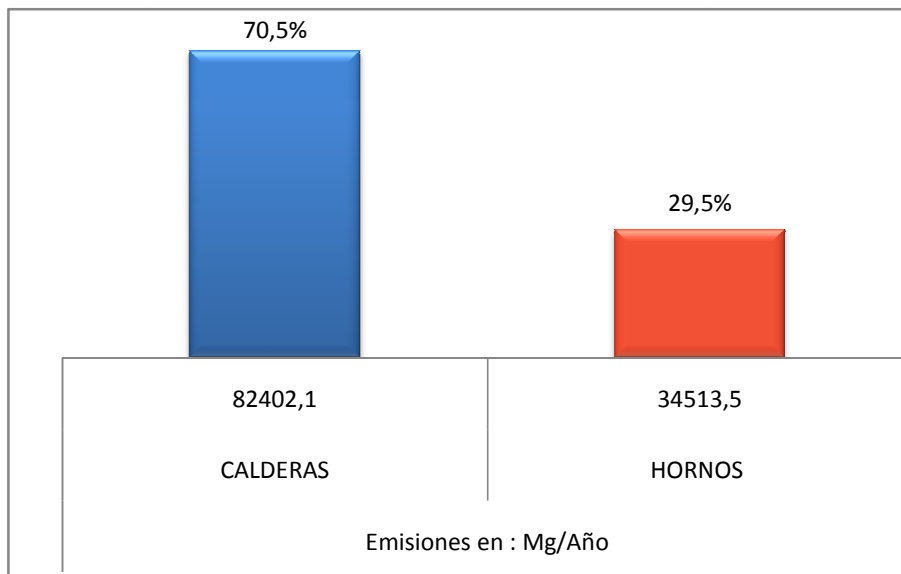
Las calderas son las que más emiten emisiones de dióxido de carbono, metano y oxido nitroso (Tabla 23) de acuerdo a la estimación cuantitativa con las metodologías implementadas (MI) del IPCC y la EPA

Tabla 23. Reporte de emisiones por Tecnología utilizada

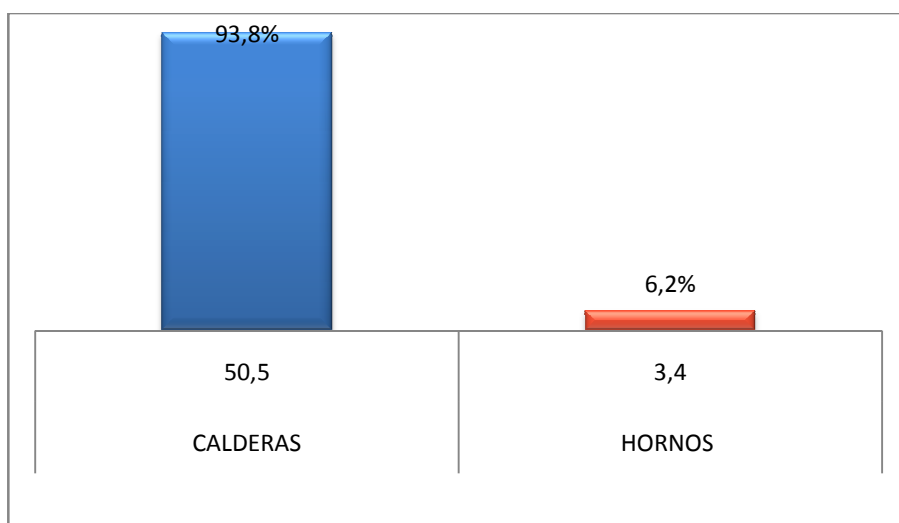
	GEI	MI	[MgGEI/Año]
<b>CALDERAS</b>	CO2	IPCC	82402,1
	CO2	EPA	81768,7
	CH4	IPCC	50,5
	CH4	EPA	34,8
	N2O	IPCC	1,8
	N2O	EPA	2,0
<b>HORNOS</b>	CO2	IPCC	34513,5
	CO2	EPA	33615,3
	CH4	IPCC	3,4
	CH4	EPA	4,4
	N2O	IPCC	0,5
	N2O	EPA	0,3

Las gráficas 5 ,6 y 7 muestran que las calderas utilizadas por los industriales representa el mayor porcentaje de emisiones para el AMB

Grafica 5. Porcentaje en las Emisiones de CO<sub>2</sub> por tecnología con la Metodología del IPCC



Grafica 6 Porcentaje en las Emisiones de CH<sub>4</sub> por tecnología con la Metodología del IPCC



Grafica 7. Porcentaje en las Emisiones de N<sub>2</sub>O por tecnología con la Metodología del IPCC

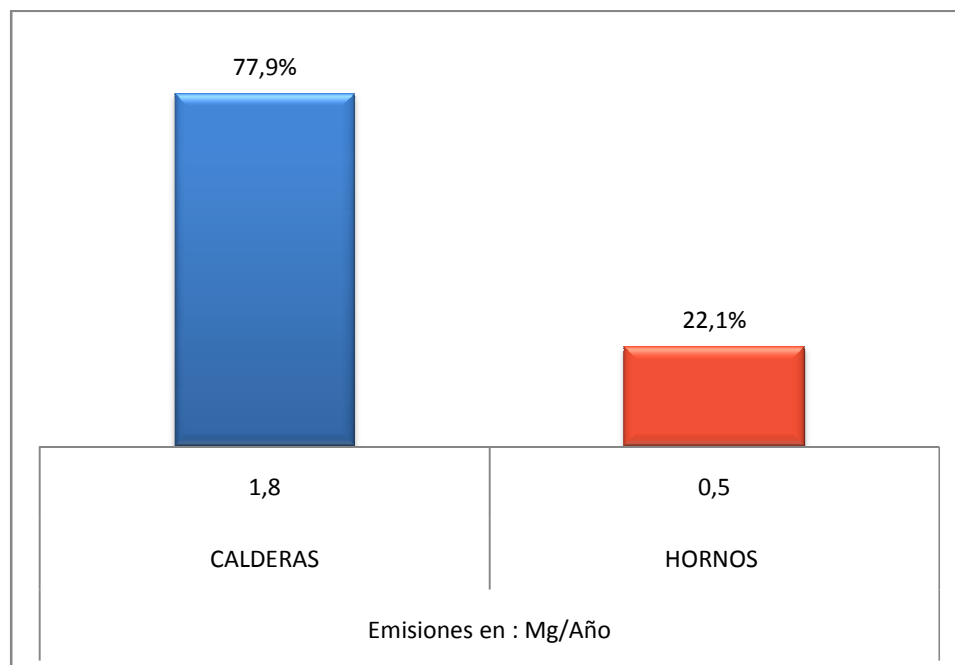
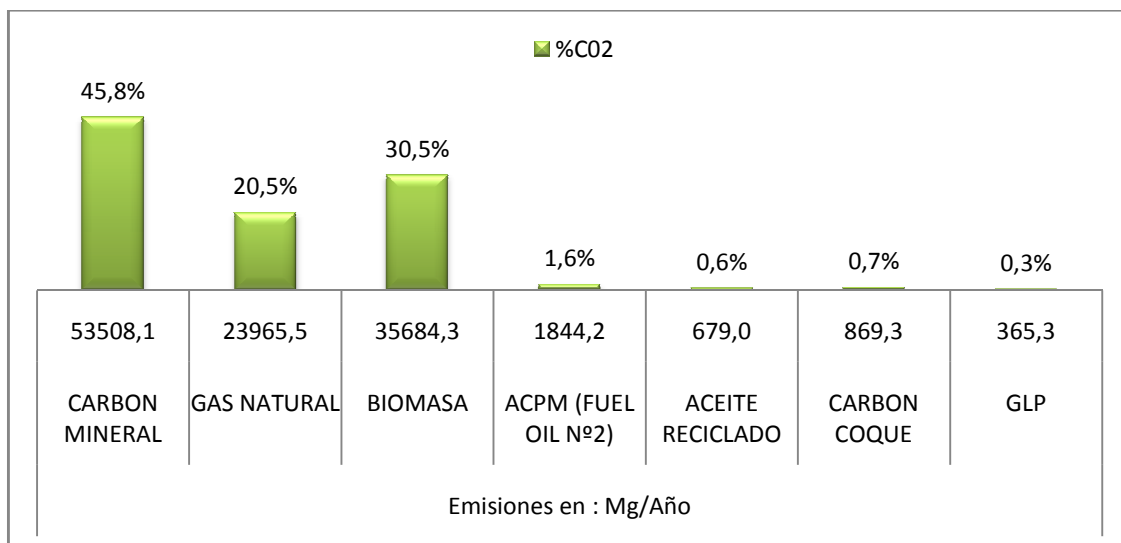


Tabla 24. Reporte de emisiones por Combustible utilizado.

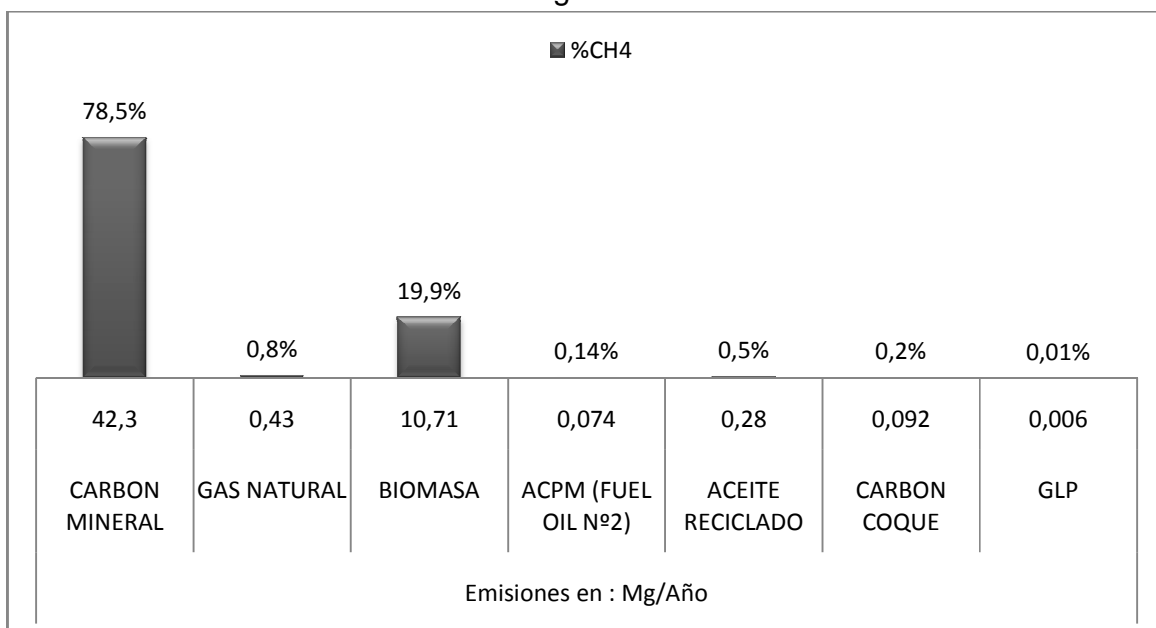
		CARBON MINERAL	GAS NATURAL	BIOMASA	ACPM (FUEL OIL Nº2)	ACEITE RECICLADO	CARBON COQUE	GLP
GEI	METODOLOGIA	REPORTE DE RESULTADOS EN [Mg GEI/Año]						
C02	IPCC	53508,1	23965,5	35684,3	1844,2	679,0	869,3	365,3
C02	EPA	51879,3	23543,2	36220,8	1822,3	682,6	907,2	328,5
CH4	IPCC	42,3	0,4	10,7	0,07	0,3	0,1	0,01
CH4	EPA	27,5	0,5	11,0	0,07	N.D	0,1	0,02
N20	IPCC	0,7	0,04	1,4	0,015	0,04	0,014	0,001
N20	EPA	0,4	0,43	1,4	0,018	N.D	0,006	0,005

Las gráficas 8 y 9 revelan que el carbón mineral y la biomasa aportan las mayores emisiones de de dióxido de carbono y metano

Gráfica 8. Porcentaje en las Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustible utilizado con la Metodología del IPCC



Gráfica 9. Porcentaje en las Emisiones de CH<sub>4</sub> por combustible utilizado con la Metodología del IPCC



En la gráfica 10 la biomasa seguido del carbón mineral representan el mayor foco de emisiones de oxido nitroso.

Gráfica 10. Porcentaje en las Emisiones de N<sub>2</sub>O por combustible utilizado con la Metodología del IPCC

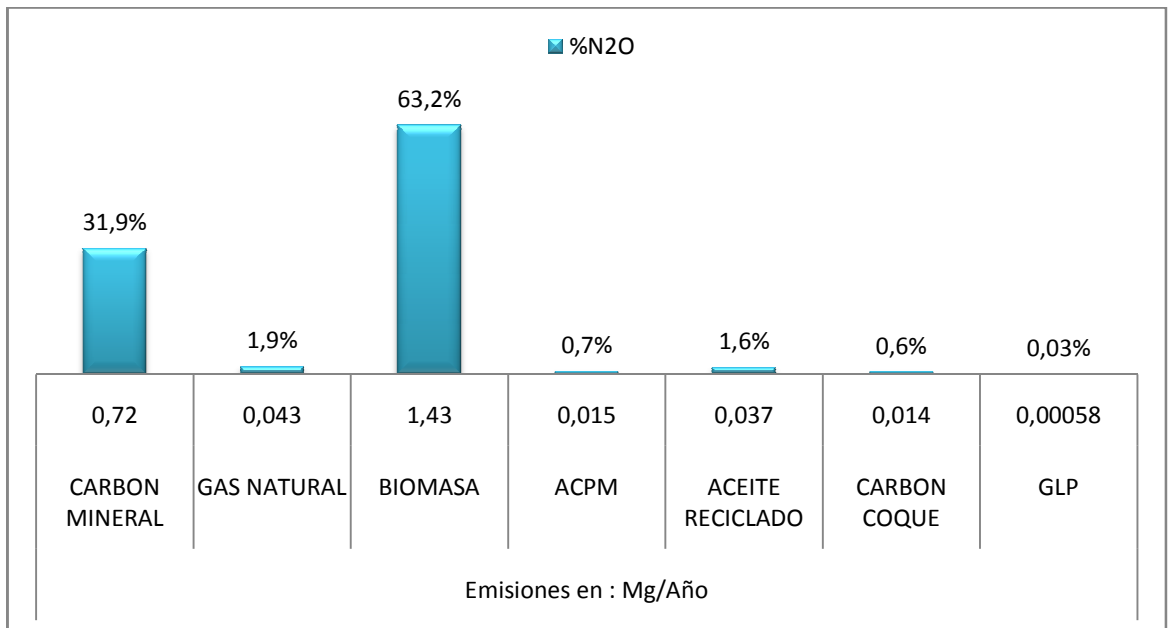


Tabla 25. Reporte de emisiones por Combustible y Tecnología utilizada

			COMBUSTIBLE						
			CARBON MINERAL	GAS NATURAL	BIOMASA	ACPM (FUEL OIL N°2)	ACEITE RECICLADO	CARBON COQUE	GLP
			RESULTADOS [MgGEI/Año]						
TECNOLOGIA	GEI	METODOLOGIA							
CALDERAS	CO2	IPCC	26705,2	20000,8	35684,3	11,9	N.A	N.A	N.A
	CO2	EPA	25886,2	19649,7	36220,8	11,9			
	CH4	IPCC	39,5	0,36	10,71	0,0001			
	CH4	EPA	23,4	0,38	10,99	0,0005			
	N2O	IPCC	0,30	0,04	1,43	0,00004			
	N2O	EPA	0,19	0,36	1,44	0,00012			
HORNOS	CO2	IPCC	26802,9	3964,7	N.A	1832,3	679,0	869,3	365,3
	CO2	EPA	25993,0	3893,5		1810,5	682,6	907,2	328,5
	CH4	IPCC	2,8	0,071		0,074	0,28	0,09	0,01
	CH4	EPA	4,1	0,075		0,071	N.D	0,12	0,02
	N2O	IPCC	0,42	0,01		0,015	0,037	0,01	0,001
	N2O	EPA	0,21	0,07		0,018	N.D	0,01	0,005

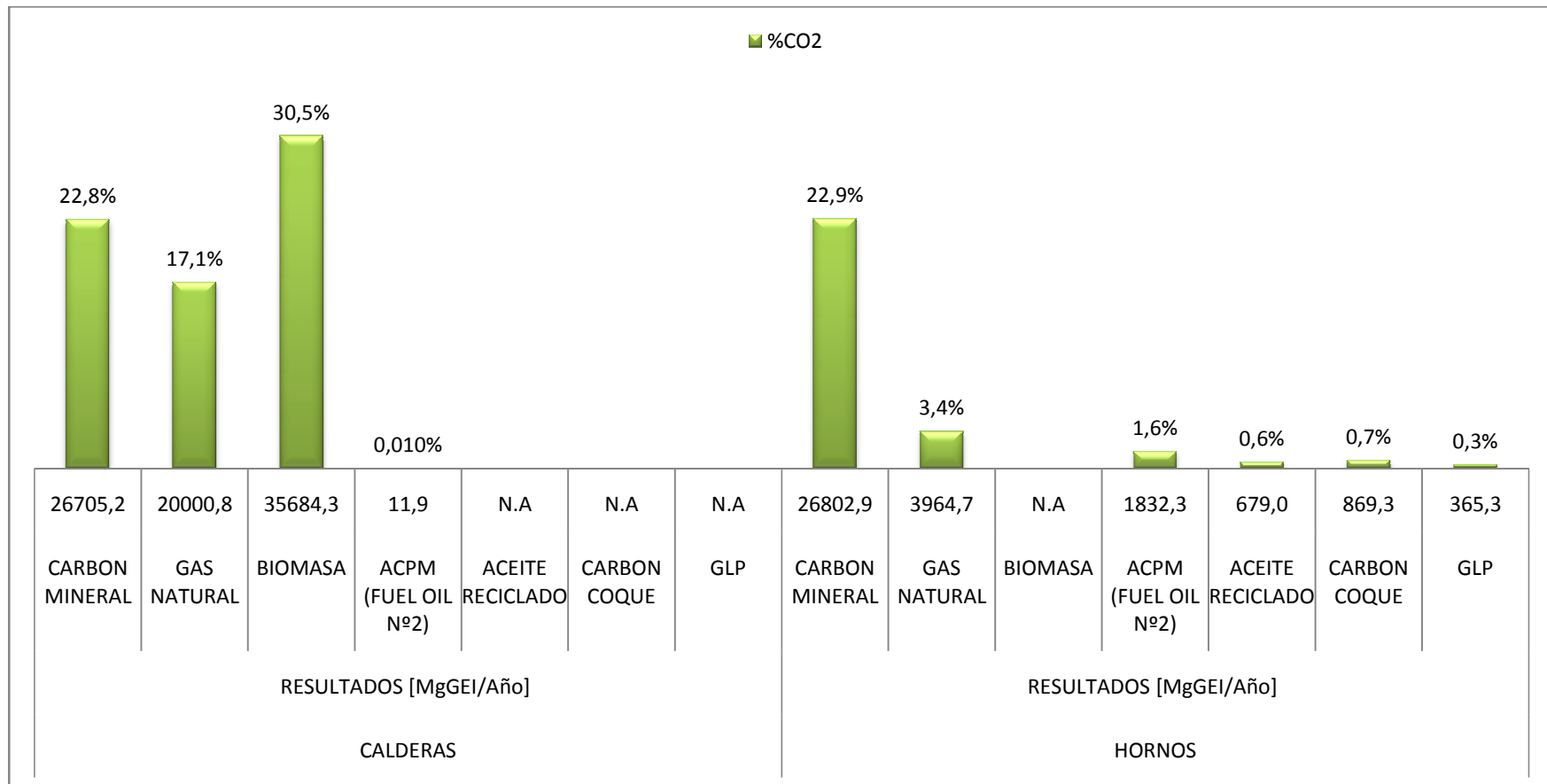
Donde:

N.A: No Aplica

N.D: Datos no disponibles (No se encontraron Factores de Emisión para aceite reciclado en el protocolo de la EPA)

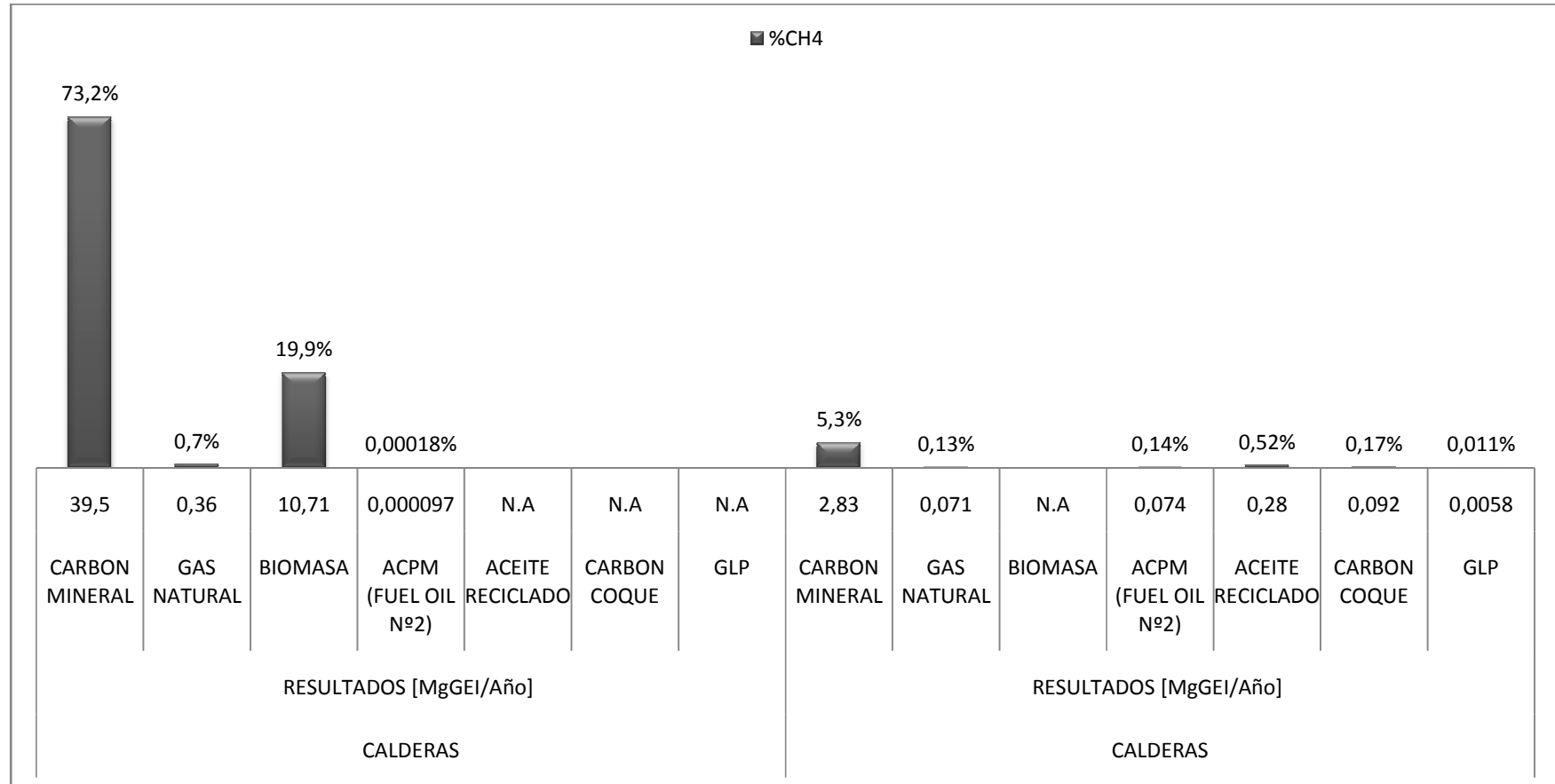
Como se puede observar en la gráfica 11 las calderas que utilizan biomasa representan el mayor número de emisiones de dióxido de carbono.

Gráfica 11. Porcentaje en las Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC



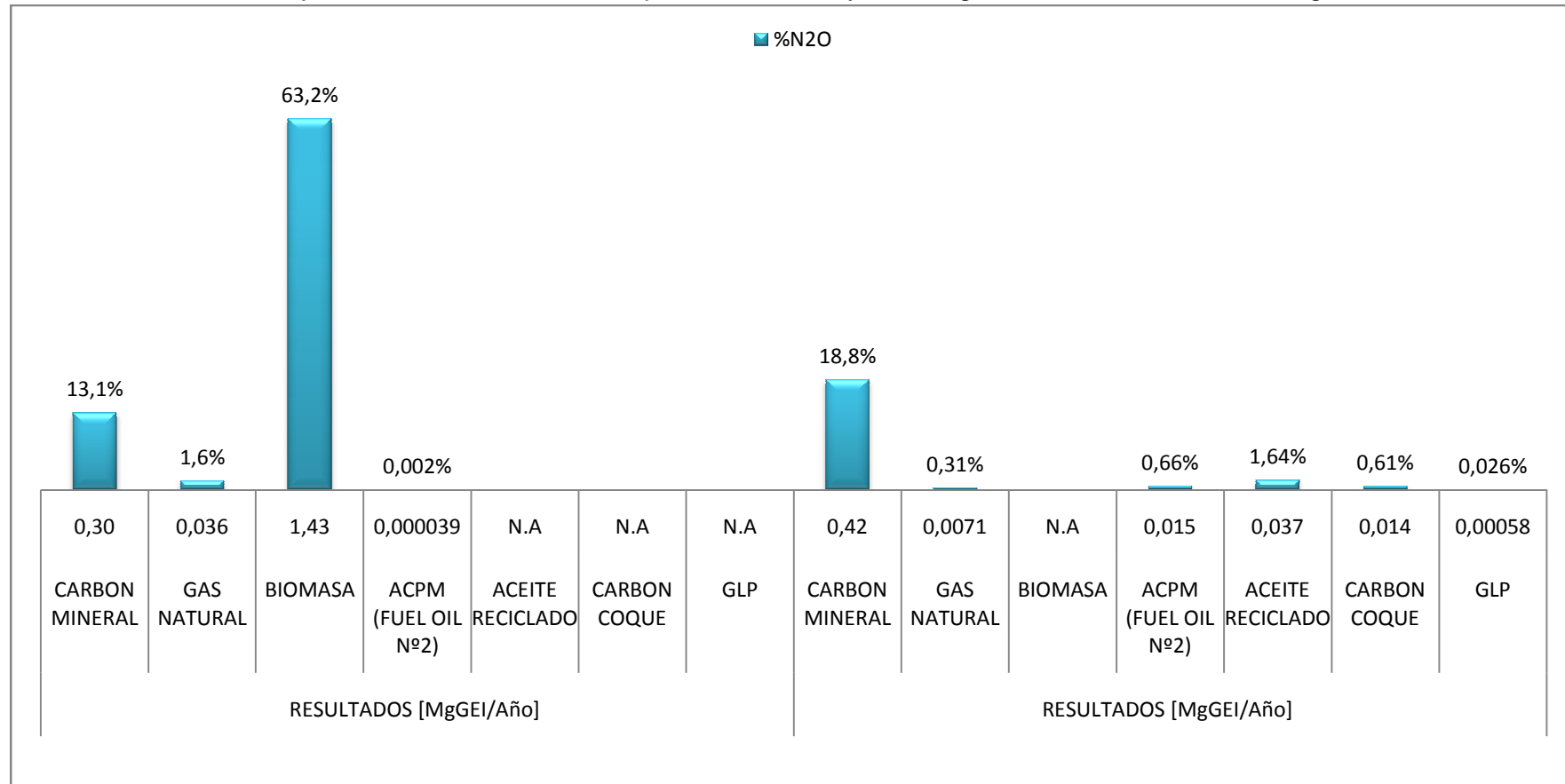
La gráfica 12 revela que las calderas que utilizan carbón mineral representa el mayor foco de emisiones de metano.

Gráfica 12. Porcentaje en las Emisiones de CH<sub>4</sub> por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC



La Biomasa utilizada en las calderas para el sector industrial en el AMB representa la mayor estimación cuantitativa de las emisiones de oxido nitroso.

Gráfica 13. Porcentaje en las Emisiones de N<sub>2</sub>O por combustible y tecnología utilizada con la Metodología del IPCC



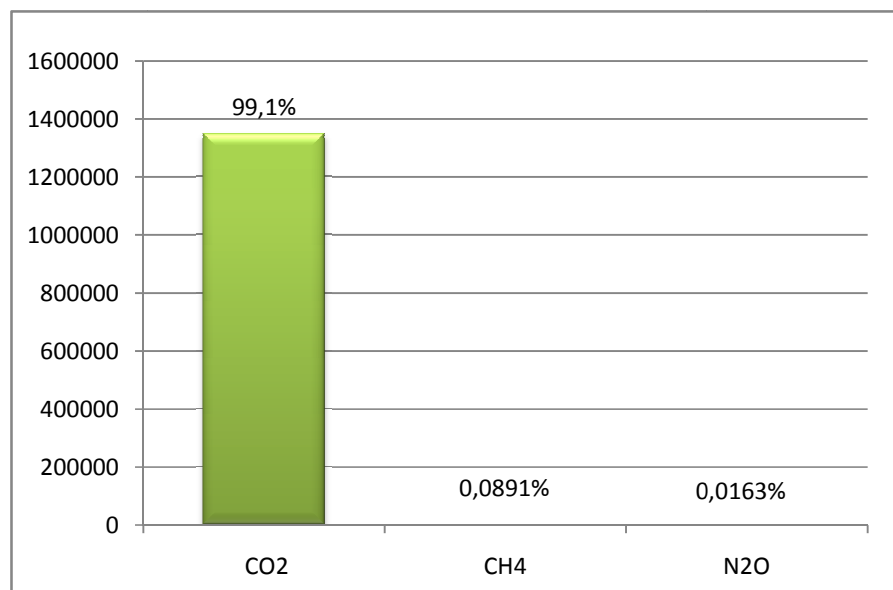
**4.2 Análisis de los resultados en fuentes móviles.** En la tabla 26 se muestran los resultados arrojados por el modelo Copert III, de la estimación de emisiones de GEI en fuentes móviles para cada uno de los gases evaluados.

Tabla 26. Reporte de emisiones en el Transporte Terrestre

GEI	METODOLOGIA	[tonGEI/Año]
CO2	Copert III	1.312.669
CH4		1.180
N2O		216

En la grafica 14. Se puede observar el aporte porcentual que tiene cada gas evaluado a las emisiones totales de las fuentes móviles del AMB. Donde se establece que el CO<sub>2</sub> aporta el mayor numero de emisiones de GEI debido a los procesos de quema de combustible fósil.

Grafica 14. Porcentaje en las Emisiones con el Modelo Copert III



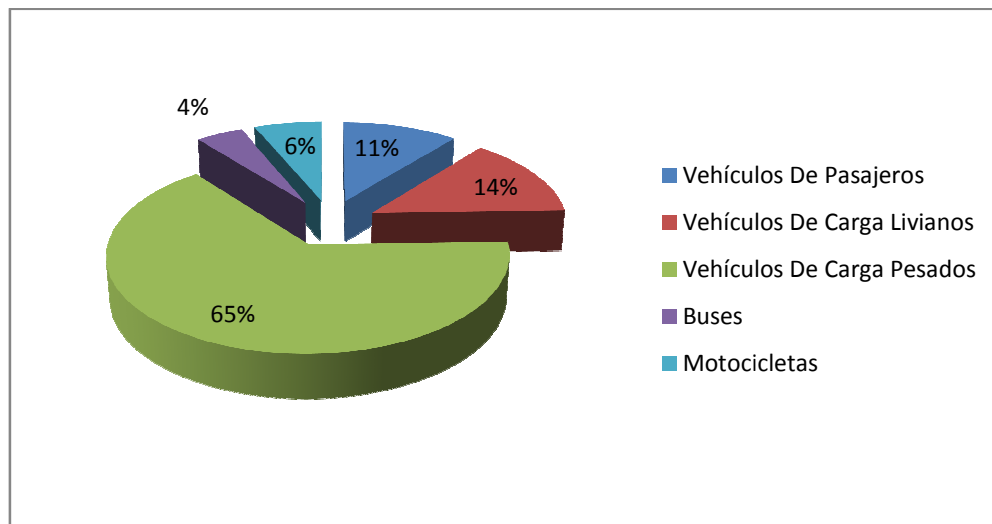
El programa Copert III permite obtener los resultados de las emisiones de los gases evaluados para cada una de las categorías vehiculares identificadas anteriormente. Los resultados son mostrados a continuación en la tabla 27.

Tabla 27. Reporte de emisiones por categoría vehicular

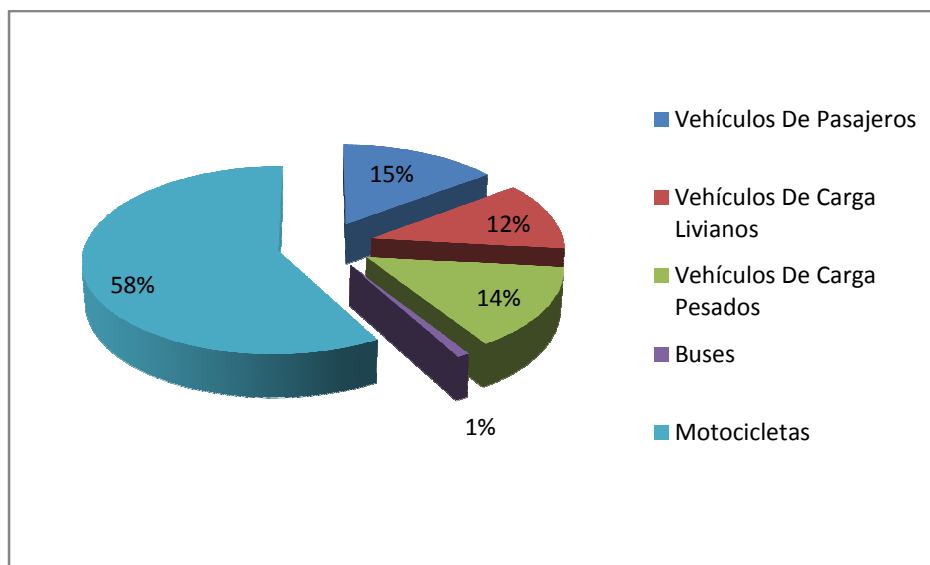
EMISIONES DE CO <sub>2</sub>						
Tipo De Flota	Vehículos De Pasajeros	Vehículos De Carga Livianos	Vehículos De Carga Pesados	Buses	Motocicletas	Emisiones Totales Ton/Año
Emisiones Ton/Año	141.547	181.213	850.457	57.544	81.909	1.312.669
EMISIONES DE CH <sub>4</sub>						
Tipo De Flota	Vehículos De Pasajeros	Vehículos De Carga Livianos	Vehículos De Carga Pesados	Buses	Motocicletas	Emisiones Totales Ton/Año
Emisiones Ton/Año	174	141	168	11	685	1.118
EMISIONES DE N <sub>2</sub> O						
Tipo De Flota	Vehículos De Pasajeros	Vehículos De Carga Livianos	Vehículos De Carga Pesados	Buses	Motocicletas	Emisiones Totales Ton/Año
emisiones Ton/Año	98	60	48	3	7	216

En las graficas 15. a la 17. Se puede ver el aporte porcentual de cada una de las categorías vehiculares a las emisiones, para cada uno de los gases. Donde se determina que los vehículos de carga pesados son los responsables de emitir el mayor número de emisiones de CO<sub>2</sub>, las motos aportan el mayor número de emisiones de CH<sub>4</sub> y los vehículos de pasajeros aportan el mayor numero de emisiones de N<sub>2</sub>O.

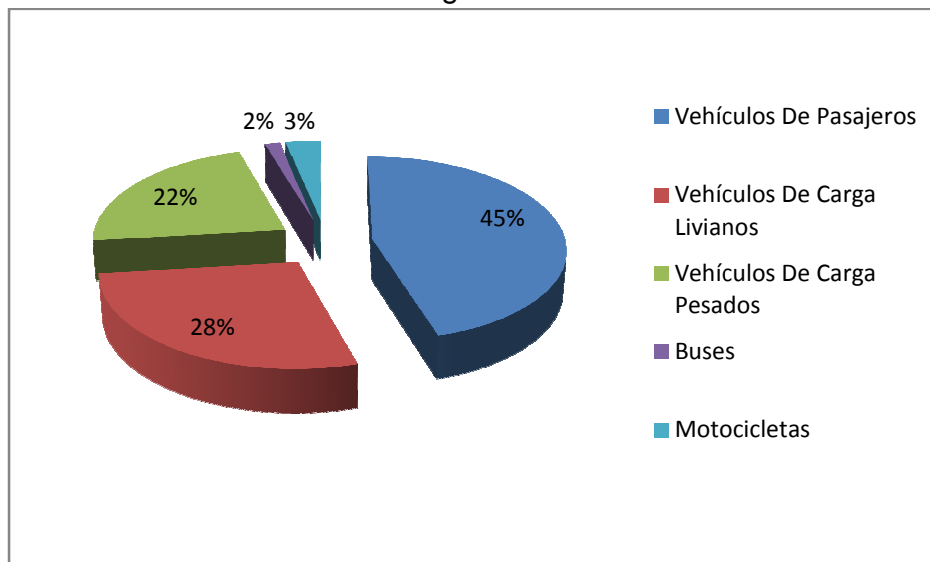
Grafica 15. Porcentaje en las emisiones de CO<sub>2</sub> en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular



Grafica 16. Porcentaje en las emisiones de CH<sub>4</sub> en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular



Grafica 17. Porcentaje en las emisiones de N<sub>2</sub>O en fuentes móviles de acuerdo a cada categoría vehicular

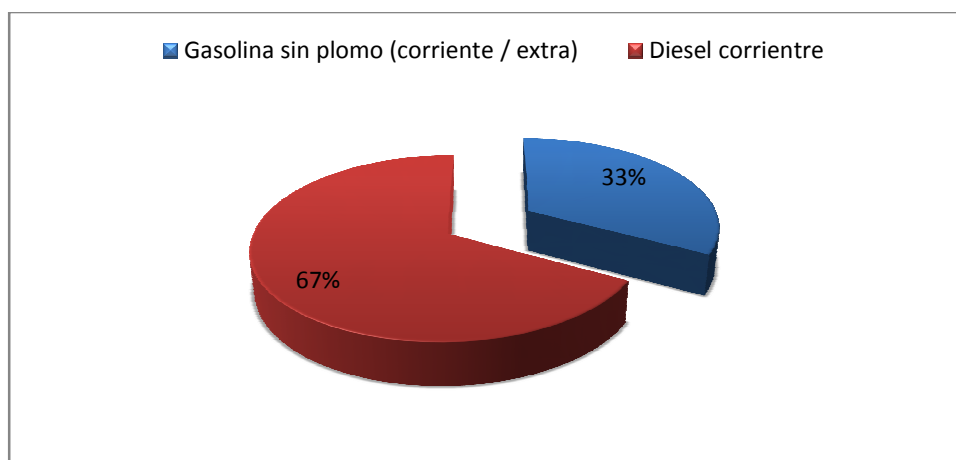


El programa COPERT III requiere el consumo anual de: Gasolina con plomo, Gasolina sin plomo, Diesel y GLP. Solo se tiene en cuenta el consumo anual de Gasolina sin plomo y Diesel, ya que la gasolina con plomo y el GLP no son distribuidos en el AMB.

Los datos disponibles del consumo anual por los distribuidores de combustible son:

- **Gasolina sin plomo (corriente/extra):** 137.185 tonelada / año
- **Diesel corriente:** 279.183 toneladas / año

Grafica 18. Porcentaje de distribución en el Combustible consumido



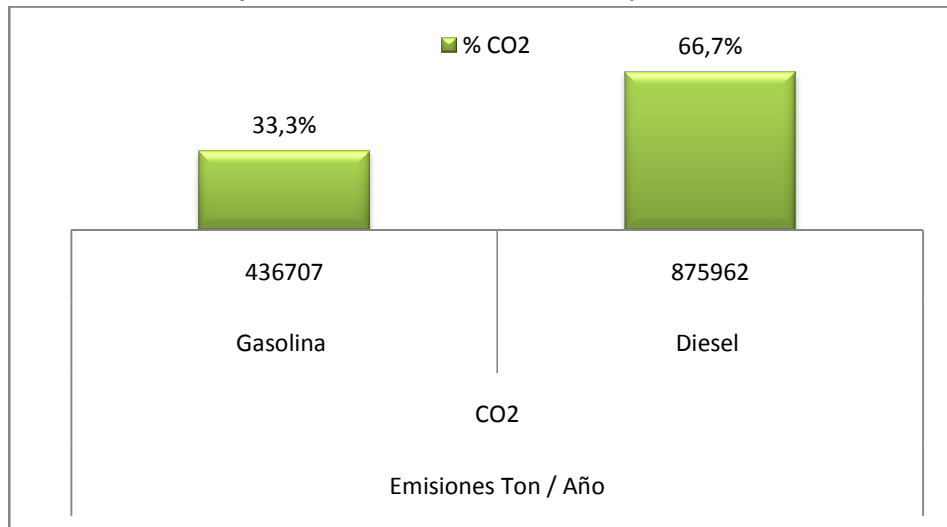
A continuación en la tabla 28. se evalúa los resultados de las emisiones de acuerdo al tipo de combustible empleado por el parque automotor en el AMB, donde se evidencia que el mayor número de emisiones de CO<sub>2</sub> son producidas por el uso de Diesel, mientras que el mayor número de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son producidas por el uso de gasolina.

Tabla 28. Reporte de emisiones por consumo de Combustible.

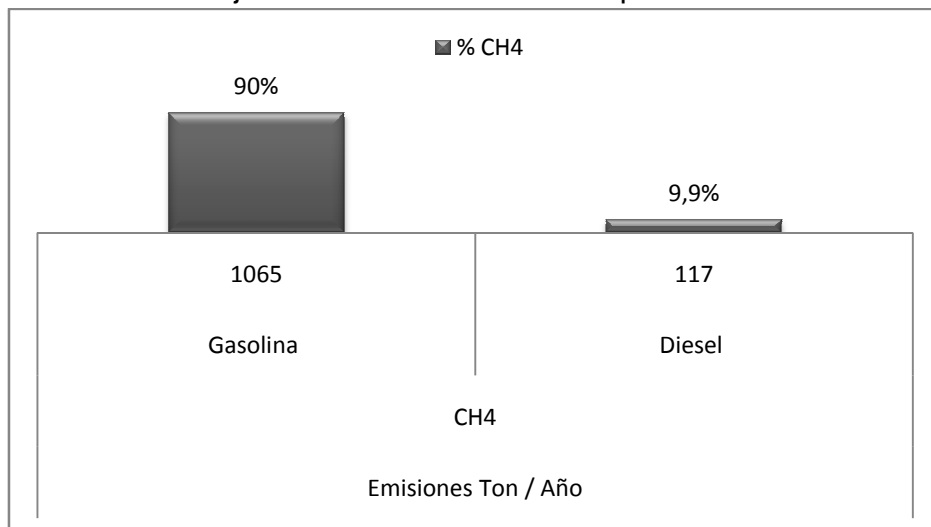
Tipo de combustible	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina
<b>GEI</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>		<b>CH<sub>4</sub></b>		<b>N<sub>2</sub>O</b>	
<b>Ton/Año</b>	<b>436707</b>	<b>875962</b>	<b>90,1</b>	<b>9,9</b>	<b>165</b>	<b>52</b>

En las graficas 19 a la 21 se observa el aporte porcentual de cada combustible a las emisiones totales generadas por las fuentes móviles de acuerdo a cada uno de los gases evaluados.

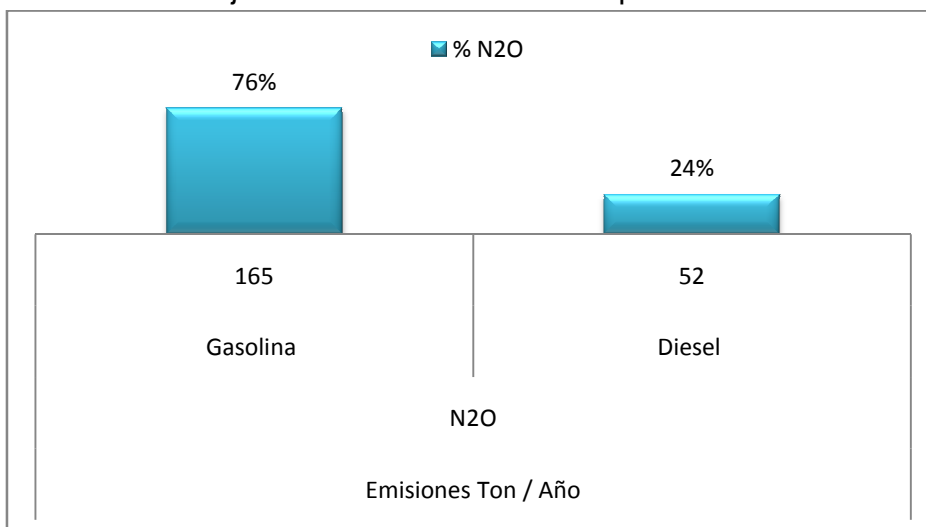
Gráfica 19. Porcentaje en las Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustible consumido



Gráfica 20. Porcentaje en las Emisiones de CH<sub>4</sub> por combustible consumido



Gráfica 21. Porcentaje en las Emisiones de N<sub>2</sub>O por combustible consumido

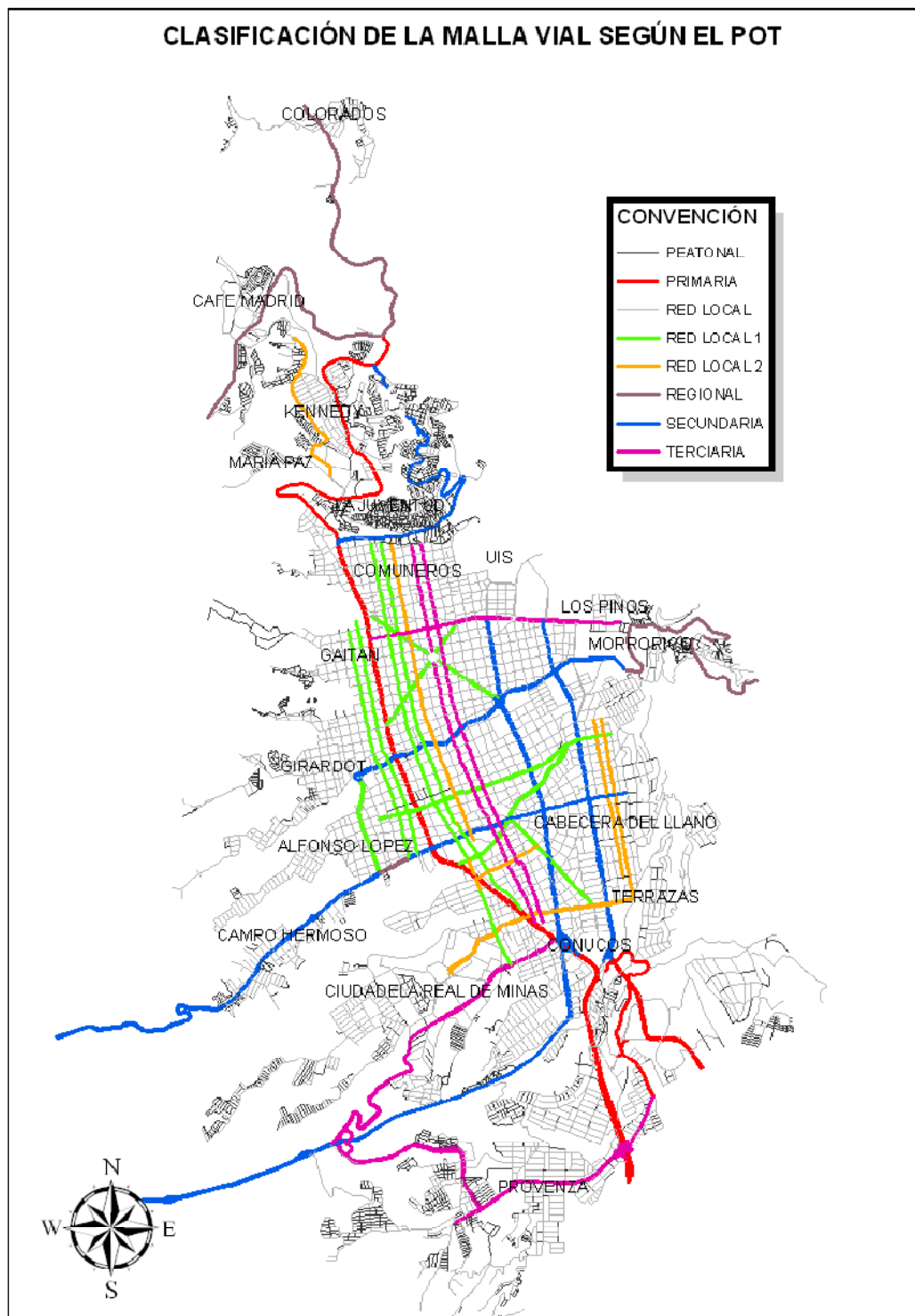


En la tabla 29. se evalúa los resultados de las emisiones de acuerdo al tipo de vía donde se moviliza el parque automotor en el AMB, donde el mayor numero de emisiones por cada gas, son producidas por el transito de los vehículos en las vías urbanas y en la figura 9 se muestra la Clasificación Vial De Acuerdo Al Plan De Ordenamiento Territorial

Tabla 29. Reporte de emisiones por tipo de vía.

Tipo De Funcionamiento	Vía Urbana	Autopista	Vía Urbana	Autopista	Vía Urbana	Autopista
GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
Emisiones / año ton	1.153.201	159.468	1.024	155	185	31

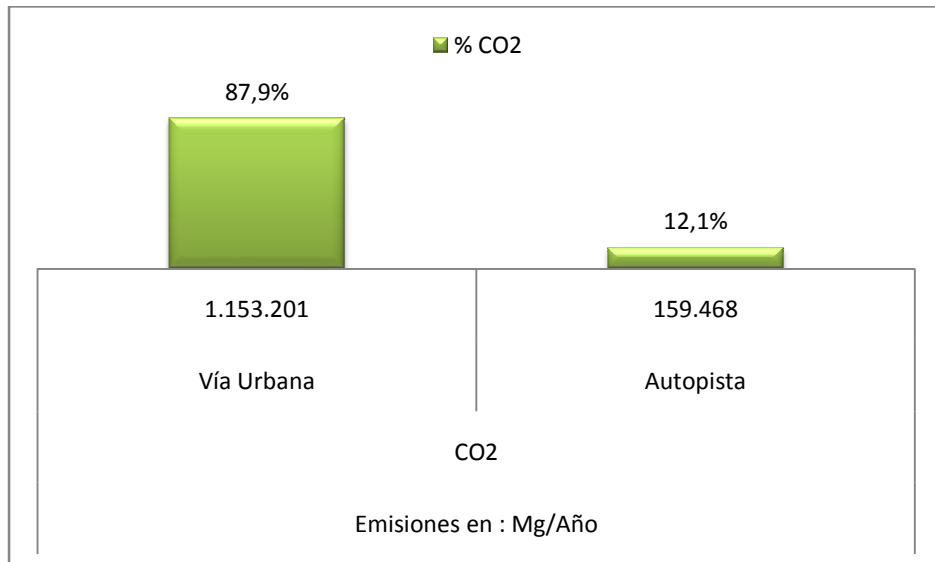
Figura 9. Clasificación Vial De Acuerdo Al Plan De Ordenamiento Territorial



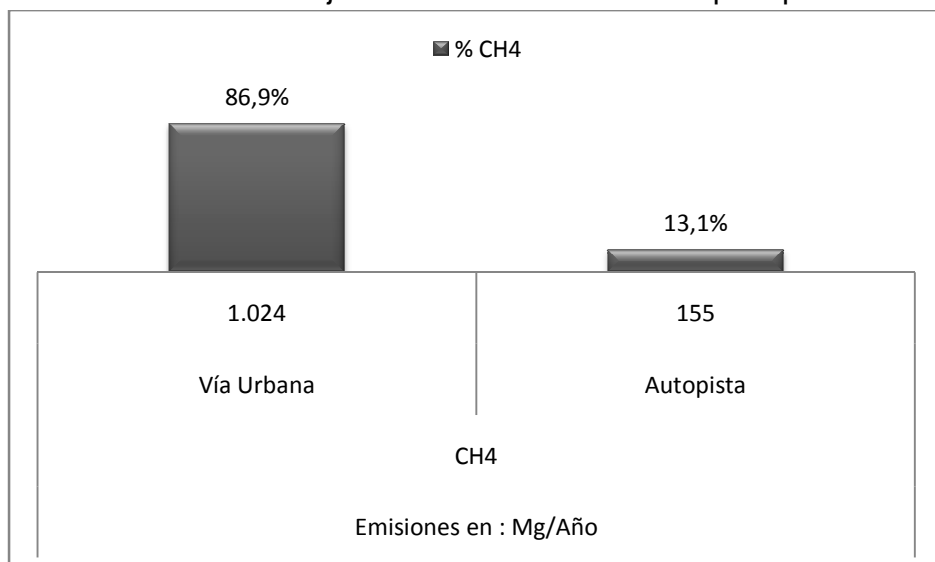
Fuente: Inventario de infraestructura vial de Bucaramanga – UIS

Las graficas 22 a la 24 muestran el aporte porcentual de las emisiones para cada uno de los gases evaluados de acuerdo al tipo de vía donde estos son emitidos.

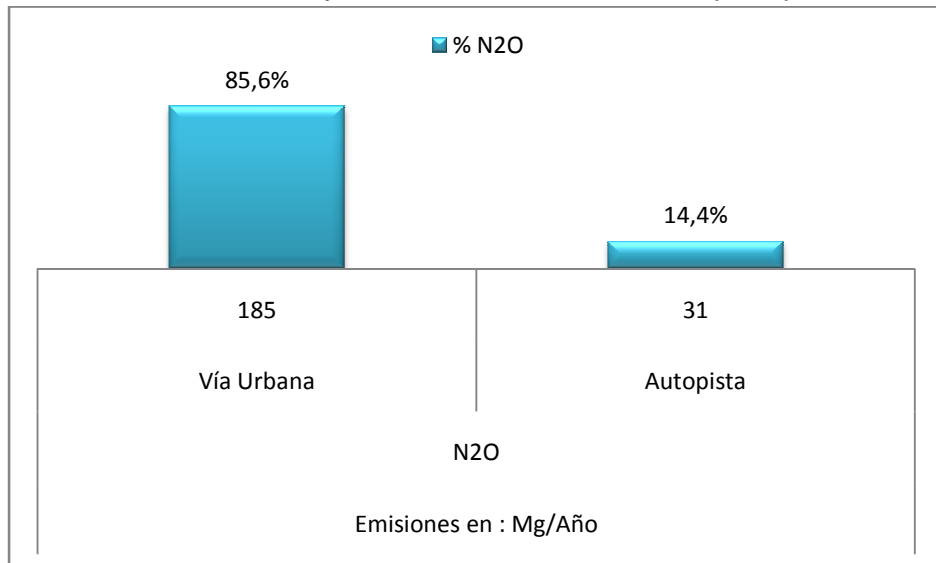
Gráfica 22. Porcentaje en las Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de vía



Gráfica 23. Porcentaje en las Emisiones de CH<sub>4</sub> por tipo de vía



Gráfica 24. Porcentaje en las Emisiones de N<sub>2</sub>O por tipo de vía



## CONCLUSIONES

- Se evaluaron 24 calderas y 20 hornos en 38 empresas junto con 370.034 vehículos del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) para estimar las emisiones de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Oxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) con los datos disponibles en los expedientes de la Corporación Autónoma para Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Direcciones de Transito y Transporte, Distribuidores Mayoristas de Combustible del AMB y el grupo de Investigación en GEOMATICA de la UIS.
- De acuerdo a los resultados obtenidos con la estimación de emisiones, los vehículos automotores son la principal fuente de emisión de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  con 1.312.669, 1.180 y 216 toneladas al año respectivamente, dichos valores representan más del 90% con respecto a las emisiones en las fuentes fijas del AMB.
- Se estimaron las emisiones totales de los principales Gases de Efecto Invernadero, donde se determinó que el  $\text{CO}_2$  es el responsable de aportar más del 99% de las emisiones en fuentes móviles y fijas puntuales del AMB con 1`312.699 y 116.916 toneladas al año correspondientemente.
- De acuerdo con la información reportada en los expedientes de la CDMB se encontró que ninguna de las empresas evaluadas posee sistemas de control de emisiones de GEI y las direcciones de transito y transporte no suministraron información de los dispositivos de control de emisiones del parque automotor.
- Teniendo en cuenta la tecnología utilizada en fuentes fijas, las calderas representan el mayor foco de emisiones en Mega gramos Año de  $\text{CO}_2$ ,

CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con 82.402, 50.5 y 1.8 respectivamente, dichos valores representan el 70.5%, 93.8% y 77.9% de las tecnologías evaluadas en el AMB con la metodología del IPCC.

- Teniendo en cuenta el combustible utilizado en las fuentes fijas, el carbón representa el mayor foco de emisiones para CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> con 53508.1 y 42.3 Mega gramos Año respectivamente, dicho valor representa un porcentaje de 45.8% y 78.5%, mientras que para el N<sub>2</sub>O la biomasa representa el mayor porcentaje de emisiones con 1.43 Mega gramos Año con 63.2% de los combustibles utilizados por los industriales del AMB.
- De la estimación de emisiones en fuentes móviles se evidenció que los vehículos de carga pesada son la mayor fuente de emisión de CO<sub>2</sub> con un 65%, las motos aportan el mayor número de emisiones de CH<sub>4</sub> con un 58% y los vehículos de pasajeros son responsables del mayor número de emisiones de N<sub>2</sub>O con un 45%; estos porcentajes son dados en base a las emisiones totales para cada uno de estos gases.
- En todas las categorías vehiculares se constató que el año modelo del vehículo no tiene una incidencia representativa en el aumento o disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> y lo que determina el programa Copert III es que estas dependen más del consumo de combustible, mientras que las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se vieron claramente afectadas por el cambio tecnológico, donde se reflejó que los vehículos de modelos más recientes ya sean con motor Diesel o motor a Gasolina tenían una clara disminución de las emisiones de CH<sub>4</sub>, mientras que las emisiones de N<sub>2</sub>O se incrementan para los vehículos con motor a gasolina y tienden a mantenerse estable para los vehículos con motor Diesel.

- Las metodologías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.EPA) junto con el programa Copert III son prácticos para una primera aproximación en este tipo de estudios, lo cual facilita la elaboración de estimaciones futuras.
- La falta de información detallada de los sistemas de combustión (externa e interna) en las fuentes fijas y móviles, dificulta las estimaciones de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, ya que estos son elementos determinantes a la hora de seleccionar factores de emisión en las fuentes fijas y laborioso para el ingreso de los datos de entrada en el Software de modelamiento.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda actualizar el FORMATO EA.003. ESTUDIO DE EMISIONES: DATOS DE CAMPO MUESTREO ISOCINÉTICO del Procedimiento de evaluación de emisiones Atmosférica Generada Por Fuentes Fijas de la CDMB para estandarizarlo, teniendo en cuenta lo siguiente:
  - Solicitar un análisis estadístico y detallado del consumo de combustible diario, mensual y anual en condiciones de operación normal para las fuentes fijas.
  - Que las empresas suministren información detallada de los equipos de combustión externa con respecto a la tecnología básica, configuración empleada y sector industrial al que pertenece.
  - Solicitar el análisis último de los combustibles, el poder calorífico inferior, y documentar la procedencia o el distribuidor del combustible de las empresas del AMB o en su defecto cualquiera de las anteriores.
- Para obtener resultados más representativos en las fuentes móviles a futuro se recomienda que la CDMB, solicite a las autoridades pertinentes registros detallados de las características y consumo de combustible (mensual y anual a los distribuidores mayoristas o de ser posible a las estaciones de servicio (EDS) del AMB) y características de la flota vehicular.
- Se propone que para un futuro trabajo se lleve a cabo un estudio de movilidad del parque automotor en el AMB con el fin de obtener información más confiable y actualizada de parámetros fundamentales para la estimación de las emisiones producidas por fuentes móviles, como

velocidad promedio, distancia promedio anual recorrida, para cada una de las categorías de vehículos.

- Cambiar el software de modelamiento Copert III por el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), diseñado para estimar las emisiones de vehículos motorizados y tiene como principal propósito el ser usado en países en vías de desarrollo.
- Se sugiere a la CDMB y las entidades competentes una mayor articulación a fin de facilitar el acceso a la información solicitada para este tipo de trabajos, de tal forma que un estudio futuro sea menos laborioso y con mejor calidad de resultados.
- Desarrollar factores de emisión basados en las condiciones típicas del Área Metropolitana de Bucaramanga y así poder obtener datos más representativos que describa las características típicas de las actividades de quema de combustibles fósiles en el ámbito local.

## BIBLIOGRAFIA

1. ACTUALIZACIÓN INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 2007 para el Área Metropolitana del valle de Aburrá, GRUPO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL CENTRO INTEGRADO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN, Universidad Pontificia Bolivariana.
2. Directrices del Panel intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.  
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
3. Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors  
<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>
4. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. L.A. Giraldo & E. Behrentz  
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.
5. ESTIMACION DE LOS NIVELES DE CONTAMINACION POR MONOXIDO DE CARBONO EN LA CARRERA 33 ENTRE CALLES 45 Y 56 DE BUCARAMANGA / Blanca Eugenia Mateus Pinzon, Martha Lucia Vergara Matute ; directores Álvaro I. Martinez Buendía, Jorge E. Gómez Sanchez
6. EVALUACION DE TRES MODELOS DE DISPERSION GAUSSIANA PARA LA SIMULACION DE CONTAMINACION POR MONOXIDO DE CARBONO EN BUCARAMANGA / Manuel I, Amaya Martinez, Andres Martin Forero; directores Alvaro I Martinez Buendía, Jorge Eliser Gómez Sanchez

7. Inventario de Emisiones Atmosféricas de fuentes fijas en la industria ladrillera de gran escala en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Ing. CESAR ADOLFO RODRIGUEZ SOTOMONTE. Universidad Industrial de Santander.
8. Local Government Operations Protocol (LGOP)” Versión 1.1 de Mayo de 2010.  
<http://www.theclimateregistry.org/downloads/2010/05/2010-05-06-LGO-1.1.pdf>
9. MANUAL DE BASES TECNICAS PARA EL PROGRAMA DE INVENTARIOS DE EMISIONES, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
10. MANUAL DE INVENTARIO DE FUENTES MOVILES, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
11. MANUAL DE INVENTARIO DE FUENTES PUNTUALES, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
12. Procedimiento de evaluación de emisiones Atmosférica Generada Por Fuentes Fijas de la CDMB.
13. Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
14. Volumen I - Planeación del Programa de Inventarios de Emisiones. Final, Diciembre 1997 [http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem\\_vol1.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem_vol1.pdf)
15. Volumen II - Fundamentos de Inventarios de Emisiones. Final, Diciembre 1997  
[http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem\\_vol2.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem_vol2.pdf)

16. volumen III. Técnicas básicas para la estimación de emisiones

[http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem\\_vol3.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem_vol3.pdf)

17. Volumen IV .Desarrollo del inventario de fuentes puntuales

[http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem\\_vol4.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem_vol4.pdf)

18. Volumen VI. Desarrollo de inventarios de emisiones de vehículos automotores

[http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem\\_vol6.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/calair/inem_vol6.pdf)

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**DATOS PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>,  
CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O EN LAS FUENTES FIJAS PUNTUALES DEL AMB.**

A continuación se muestra los datos de los expedientes disponibles en la CDMB con empresas que realizan actividades de quema de combustible para la estimación cuantitativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por la metodología del IPCC y de la U.S.EPA, los resultados ya fueron presentados en la sección 3.5 estimación cuantitativa de las estimaciones del presente estudio.

A continuación se muestra las empresas que cuentan con monitoreo Isocinético:

### Empresa 1

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 1		
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION HARINAS (CONCENTRADOS)		
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE			
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE	
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	JCT
HORNO		MODELO	
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)	
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE			
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES	
GAS NATURAL		UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)		Gal/h	m3/h kg/h t/h
GAS BUTANO (G/B)			500
KEROSENE PETROLEO		Conversión a kg/h: 500	
ACPM. FUEL OIL N°2		UNIDADES	
CRUDO FUEL OIL N° 6			OTRO. ¿Cuál?
MADERA		PODER CALORIFICO NETO	Kcal/kg kJ/kg Btu/Lb
CARBON MINERAL	X		7552,5
BAGAZO			3,16E-05
CARBON COQUE		Conversión a TJ/Kg: 3,16E-05	

Calculo de las Emisiones de CO<sub>2</sub> con los datos del muestreo Isocinético:

Con los siguientes datos obtenidos de los muestreos isocinéticos se obtuvieron los siguientes datos de la Empresa 1.

DATOS PARA EL CALCULO CON EL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	707,70	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,82	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,99	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,41	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	58,34	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	33,08	°C
	306,23	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	56,4	ml
%CO <sub>2</sub>	6,90	
%O <sub>2</sub>	13,18	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,04	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	138,17	°C
	411,32	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,8	m
Área de la chimenea (As)	0,503	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0095	m
Área de la boquilla (An)	7,088E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O <sub>2</sub> -0.5*%CO)/(0.264*%N <sub>2</sub> - (%O <sub>2</sub> -0.5*%CO)	166,32	

Para determinar el caudal en condiciones de referencia base seca se hacen los siguientes cálculos:

a. Calculo de la Presión absoluta de los gases en chimenea (Ps):

$$P_s = P_b + \frac{P_g}{13,6} = 707,70 + \frac{2,82}{13,6} = 707,91 \text{ mmhg.}$$

b. Volumen de gases medidos a condiciones estándar ( $V_{m_{std}}$ ):

Condiciones estándar: 293 °K y 760 mm Hg. (20 °C y 29,92 Pulg Hg.).

$$V_{m_{std}} = K_3 \times Y \times \frac{V_m \times \left(\frac{P_b \times \Delta H}{13,6}\right)}{T_m}$$
$$K_3 = \frac{T_{std}}{P_{std}} = \frac{293}{760} = 0,3858 \frac{K^\circ}{mmHg}$$

$$V_{m_{std}} = 0,3858 \times 0,99 \times \frac{1,41 \times \left(\frac{707,70 \times 58,34}{13,6}\right)}{306,23}$$

$$V_{m_{std}} = 1,25 \text{ m}^3$$

c. Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estándar ( $V_{wc_{std}}$ ):

Condiciones estándar: 293 °K y 760 mm Hg. (20 °C y 29,92 Pulg Hg.).

$$V_{wc_{std}} = K_2 \times V_{wc}$$

$$\text{Donde: } K_2 = 0,001335 \frac{\text{m}^3}{\text{ml}}$$

$$V_{wc_{std}} = 0,001335 \times 56,4 = 0,07529 \text{ m}^3$$

d. Contenido de humedad de los gases ( $B_{ws}$ ):

$$B_{ws} = \left( \frac{V_{wc_{std}}}{V_{wc_{std}} + V_{m_{std}}} \right) \times 100$$

$$B_{ws} = \left( \frac{0,07529}{0,07529 + 1,25} \right) \times 100 = 5,67\%$$

e. Porcentaje de Nitrógeno ( $N_2$ ):

$$\%N_2 = 100\% - (\%CO_2 + \%O_2 + \%CO)$$

$$\%N_2 = 100\% - (6,90\% + 13,18\% + 0,01\%) = 79,91\%$$

f. Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca ( $M_d$ ):

$$\begin{aligned}
 Md &= [0,32 \times (\%O_2)] + [0,44 \times (\%CO_2)] + [0,28 \times (\%N_2 + \%CO)] \\
 Md &= [0,32 \times (13,18)] + [0,44 \times (6,90)] + [0,28 \times (79,91 + 0,01)] \\
 Md &= 29,63 \frac{g}{mol}
 \end{aligned}$$

g. Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda (Ms):

$$\begin{aligned}
 Ms &= Md \times (1 - Bws) + 18 \times Bws \\
 Ms &= 30,16 \times (1 - 7,82) + 18 \times 7,82 = 29,21 \frac{g}{mol}
 \end{aligned}$$

h. Velocidad promedio de los gases en chimenea (Vs):

$$\begin{aligned}
 Vs &= K_p \times C_p \times \sqrt{\frac{\Delta P \times Ts}{Ps \times Ms}} \\
 \text{Donde: } K_p &= 34,97 [SI] \quad C_p = 0,85 \\
 Vs &= 34,97 \times 0,85 \times \sqrt{\frac{3,04 \times 411,32}{707,91 \times 28,97}} = 7,32 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

i. Caudal de los gases a condiciones de chimenea (Qs<sub>A</sub>):

$$Q_{sA} = Vs \times As \times 60 = 7,32 \times 0,503 \times 60 = 220,84 \frac{m^3}{min}$$

j. Caudal en condiciones estándar en base húmeda (Qs<sub>std</sub>):

Condiciones estándar: 293 °K y 760 mm Hg. (20 °C y 29,92 Pulg Hg.).

$$\begin{aligned}
 Q_{sstd} &= Q_{sA} \times \frac{293}{Ts} \times \frac{Ps}{760} \\
 Q_{sstd} &= 220,84 \times \frac{293}{411,32} \times \frac{707,91}{760} = 146,53 \frac{m^3}{min}
 \end{aligned}$$

k. Caudal en condiciones de referencia base húmeda (Qs<sub>refh</sub>):

$$\begin{aligned}
 Q_{srefh} &= Q_{sA} \times \frac{298}{Ts} \times \frac{Ps}{760} \\
 Q_{srefh} &= 220,84 \times \frac{298}{411,32} \times \frac{707,91}{760} = 149,03 \frac{m^3}{min}
 \end{aligned}$$

I. Caudal en condiciones de referencia base seca:

$$Q_{S_{\text{refd}}} = Q_{S_{\text{refh}}} \times \left( \frac{1 - B_{ws}}{100} \right)$$

$$Q_{S_{\text{refd}}} = 149.03 \times \left( \frac{1 - 5.67}{100} \right) = 140.58 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{S_{\text{refd}}} = 140.58 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 8434.8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

m. Porcentaje de Isocinetismo:

$$\%I = \frac{K_4 * T_s * V_{m(\text{std})}}{\theta * V_s * P_s * A_n * (1 - B_{ws})}$$

Donde:  $K_4 = 4.320$

$\theta = 60\text{min}$  (Tiempo que dura el Muestreo Isocinético)

$A_n = \text{Area de Boquilla}$

$$\%I = \frac{4.320 * 411.32 * 1.25}{60 * 7.32 * 707.91 * 7.088^{-5} * (1 - 5.67)}$$

$$\%I = 106.99\%$$

n. Emisiones de dióxido de carbón con los datos del monitoreo Isocinético ( $\text{CO}_2$ ) :

$$E_{\text{CO}_2} = \frac{\% \text{CO}_2 * 44 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{Kmol}} \right] * Q_{s(\text{refd})} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right] * (\text{horas de funcionamiento al año})}{10^5 * 22.4 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$E_{\text{CO}_2} = \frac{6.90 * 44 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{Kmol}} \right] * 8434.8 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{Hora}} \right] * 8640 \left[ \frac{\text{Hora}}{\text{Año}} \right]}{10^5 * 22.4 \left[ \frac{\text{Kmol}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$E_{\text{CO}_2} = 9877.32 \left[ \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \right]$$

ñ. Diferencia porcentual entre el monitoreo isocinético y la metodología IPCC:

$$\% E = \frac{Eco_2 (Mon) - Eco_2 (IPCC)}{Eco_2 (Mon)} \times 100$$

Donde:

% E = Diferencia porcentual entre el Monitoreo y la Metodología del IPCC

Eco<sub>2</sub> (Mon) = Emisiones de Dióxido de Carbono con el Monitoreo Isocinético.

Eco<sub>2</sub> (IPCC) = Emisiones de Dióxido de Carbono con la Metodología del IPCC

$$\% E = \left[ \frac{9877.32 - 12923.16}{9877.32} \right] \times 100 = 30.8\%$$

o. Diferencia porcentual entre el monitoreo isocinético y la metodología de la EPA:

$$\% E = \frac{Eco_2 (Mon) - Eco_2 (EPA)}{Eco_2 (Mon)} \times 100$$

Donde:

% E = Diferencia porcentual entre el Monitoreo y la Metodología de la EPA

Eco<sub>2</sub> (Mon) = Emisiones de Dióxido de Carbono con el Monitoreo Isocinético.

Eco<sub>2</sub> (EPA) = Emisiones de Dióxido de Carbono con la Metodología de la EPA

$$\% E = \frac{9877.32 - 13046.40}{9877.32} \times 100 = 32.1 \%$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos con los datos del muestreo Isocinético:

RESULTADOS CON EL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (MON)} - \text{Eco2 (IPCC)} / \text{Eco2 (MON)}$	30,84	%
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (MON)} - \text{Eco2 (EPA)} / \text{Eco2 (MON)}$	32,08	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(std)) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	106,99	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		6,90	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	140,58	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	149,03	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	146,53	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	220,84	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Métrico) Cp=0.85	7,32	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - Bws) + 18 * Bws$	28,97	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (\%O2) + 0.44 * (\%CO2) + 0.28 * (\%N2 + \%CO)$	29,63	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$\%N2 = 100\% - (\%CO2 + \%O2 + \%CO)$	79,91	%
Contenido de humedad de los gases	$Bws = (100 * Vwc (std)) / (Vwc (std) + Vm(std))$	5,67	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estándar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> / ml	0,07529	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,25	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	707,91	mmHg

Para las empresas restantes se muestra los datos de las empresas en Excel.

Empresa 2.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL							
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 2					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		PROCESAMIENTO DE CONCENTRADOS (HARINAS)					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL							
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		624		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		7488		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE							
3.1 FUENTE DE EMISIÓN			3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA			MARCA		JTC		
HORNO		X	MODELO				
INCINERADOR			AÑO DE CONSTRUCCIÓN		2008		
HORNO CREMATORIO			CAPACIDAD		500BHP		
OTRO CUAL?			N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE							
4.1 TIPO			4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL			UNIDADES				
GAS PROPANO (GLP)			CONSUMO PROMEDIO	Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)						375	
KEROSENE PETROLEO			Conversión a Kg/h:			375	
ACPM. FUEL OIL N°2			UNIDADES				
CRUDO FUEL OIL N° 6			PODER CALORIFICO NETO				OTRO. ¿Cuál?
MADERA				Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	
CARBON MINERAL		X		7125			
BAGAZO			2,98E-05				Conversión a TJ/Kg:
CARBON COQUE						2,98E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)							
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?							

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	705,2	mmHg
Presión del gas (Pg)	1,92	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,974	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,19	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	40,46	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,08	°C
	308,23	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	59,2	ml
%CO2	8,93	
%O2	10,9	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	1,27	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	125,17	°C
	398,32	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,95	m
Área de la chimenea (As)	0,709	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0111	m
Área de la boquilla (An)	9,677E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	106,11	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (mon)} - \text{Eco2 (metod)} / \text{Eco2 (mon)}$	21,34	%
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (mon)} - \text{Eco2 (metod)} / \text{Eco2 (mon)}$	23,22	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(\text{std})) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	99,71	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		8,93	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs(\text{refd}) = Qs(\text{refh}) * (1 - Bws / 100)$ $Qs(\text{refd}) = Qs(A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	127,84	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs(\text{refh}) = Qs(A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	137,68	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs(\text{std}) = Qs(A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	135,37	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs(A) = Vs * As * 60$	198,28	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	4,66	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - Bws) + 18 * Bws$	29,02	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (\%O2) + 0.44 * (\%CO2) + 0.28 * (\%N2 + \%CO)$	29,86	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$\%N2 = 100\% - (\%CO2 + \%O2 + \%CO)$	80,16	%
Contenido de humedad de los gases	$Bws = (100 * Vwc(\text{std})) / (Vwc(\text{std}) + Vm(\text{std}))$	7,14	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc(\text{std}) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,07903	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(\text{std}) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,03	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	705,34	mmHg

Empresa 3.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 3			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCTO PROCESADO DE POLLO			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA	X	MARCA	JTC	
HORNO		MODELO		
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	500 BHP	
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			266	
CRUDO FUEL OIL N° 6			Conversión a (Kg/h): 266	
MADERA		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
CARBON MINERAL	X			OTRO. ¿Cuál?
BAGAZO			Kcal/kg	Btu/L
CARBON COQUE			kJ/kg	b
			7087	
		2,97E-05		
			Conversión a (TJ/Kg): 2,97E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	682,5	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,13	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,97	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,45	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	58,88	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	33,67	°C
	306,82	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	27,2	ml
%CO2	1,75	
%O2	19	
% CO	0,02	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,18	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	113,75	°C
	386,9	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,75	m
Área de la chimenea (As)	0,442	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0096	m
Área de la boquilla (An)	7,208E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	985,61	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	173,68	%
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	168,60	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	95,33	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		1,75	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	132,28	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	136,24	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	133,95	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	196,92	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,43	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws)+18*B ws	28,72	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,04	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,23	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	2,90	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,03631	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,21	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	682,66	mmHg

Empresa 4.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 4.					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCIÓN DE LADRILLO					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR		MARCA				
HORNO HOFFMAN	X	MODELO				
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					279,17	
KEROSENE PETROLEO					279,17	
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a Kg/h:			279,17
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL	X		6029,65			
BAGAZO			2,52E-05			
CARBON COQUE			Conversión a TJ/Kg:			2,52E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	680	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,4	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,039	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,05	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	32,53	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	32,85	°C
	306	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	43	ml
%CO2	1,38	
%O2	7,48	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	4,1	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	81,3	°C
	354,45	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	1	m
Área de la chimenea (As)	0,785	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0079	m
Área de la boquilla (An)	4,948E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	45,08	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = Eco2 (metod) - Eco2 (mon) / Eco2 (metod)$	49,52	%
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = Eco2 (metod) - Eco2 (mon) / Eco2 (metod)$	50,57	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(std)) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	92,04	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		1,38	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	274,16	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	290,93	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	286,05	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	386,61	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	8,20	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - B ws) + 18 * B ws$	27,91	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	28,52	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100\% - (%CO2 + %O2 + %CO)$	91,13	%
Contenido de humedad de los gases	$B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm(std) )$	5,76	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> / ml	0,05741	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,94	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	680,25	mmHg

Empresa 5.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 5		
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PROCESADORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES		
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE			
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE	
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	MACKENZIE
HORNO		MODELO	
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2009
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	250 BHP
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)	
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE			
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES	
GAS NATURAL		UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)		Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)		kg/h	t/h
KEROSENE PETROLEO			0,25
ACPM. FUEL OIL N°2		CONVERSIÓN A KG/H: 250	
CRUDO FUEL OIL N° 6		UNIDADES	
MADERA			OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL	X	Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb
CARBON COQUE			11875
			2,76E-05
		CONVERSIÓN A TJ/KG: 2,76E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	698,9	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,42	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,16	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	44,48	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	32,5	°C
	305,65	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	38,5	ml
%CO2	5,68	
%O2	14,58	
% CO	0,02	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	1,53	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	177,5	°C
	450,65	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,62	m
Área de la chimenea (As)	0,302	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0111	m
Área de la boquilla (An)	9,677E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2- (%O2-0.5*%CO)	224,98	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	56,35	%
DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	69,87	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	94,58	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		5,68	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	57,44	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	60,32	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	59,30	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	99,16	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	5,47	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,94	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,49	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,72	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	4,76	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,05140	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,03	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	699,08	mmHg

Empresa 6

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 6.					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCIÓN DE LADRILLO					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR		MARCA				
HORNO HOFFMAN	X	MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					262,5	
KEROSENE PETROLEO					262,5	
				Conversión a Kg/h: 262,5		
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	Kj/kg	Btu/Lb	
CARBON MINERAL	X		6029,65			
BAGAZO			2,52E-05			
				Conversión a TJ/Kg: 2,52E-05		
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	680	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,8	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,039	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,162	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	36,53	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor T <sub>m</sub>	33,4	°C
	306,55	°K
Volumen total del agua (Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	39	ml
%CO <sub>2</sub>	1,43	
%O <sub>2</sub>	7,76	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	5	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	109,66	°C
	382,81	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	1	m
Área de la chimenea (As)	0,785	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0079	m
Área de la boquilla (An)	4,948E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O <sub>2</sub> -0.5*%CO)/(0.264*%N <sub>2</sub> -(%O <sub>2</sub> -0.5*%CO))	47,82	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (mon) - Eco2 (metod)}{Eco2 (mon)}$	26,64	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (metod) - Eco2 (mon)}{Eco2 (metod)}$	27,52	%
ISOCINETISMO	$%I = \frac{K4 * Ts * Vm(std)}{(\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))}$ K4=4,320	94,94	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>		1,43	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	293,74	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	308,48	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	303,31	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	442,72	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49 (Ingles) Kp= 34,97 (Metrico) Cp=0.85	9,40	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - B ws) + 18 * B ws$	28,04	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	28,54	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100 - (%CO2 + %O2 + % CO)$	90,80	%
Contenido de humedad de los gases	$B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm (std) )$	4,78	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,05207	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm (std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,04	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	680,28	mmHg

Empresa 7.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 7			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRUDUCCIÓN DE LADRILLOS			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA		MARCA		
HORNO	X	MODELO		
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO		Nº CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)			kg/h	t/h
KEROSENE PETROLEO			145,83	
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a (Kg/h) 145,83	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA				OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL	X		Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	
CARBON COQUE			3,18E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/Kg 3,18E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	680	mmHg
Presión del gas (Pg)	-2,8	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,004	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,389	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	26,66	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	37,13	°C
	310,28	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	34	ml
%CO2	1,725	
%O2	18,9	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,383	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	85,42	°C
	358,57	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,9	m
Área de la chimenea (As)	0,636	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	65	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0086	m
Área de la boquilla (An)	0,0000581	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	918,41	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	6,72	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	14,74	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps*An*(1-Bws)) K4=4,320	100,08	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		1,73	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	202,33	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	210,10	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	206,57	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	282,63	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,40	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,62	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,03	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,37	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	3,70	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,04539	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,18	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	679,79	mmHg

Empresa 8.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 8				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		ELABORACION DE LADRILLOS				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		720	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		8640	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN			3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA		MARCA				
HORNO	X	MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		1994		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					137,5	
KEROSENE PETROLEO					137,5	
				Conversión a Kg/h: 137,5		
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	
CARBON MINERAL	X		5598,12			
BAGAZO			2,34E-05			
				Conversión a TJ/Kg: 2,34E-05		
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CARBON + TAMO DE CAFÉ					

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro	valor	unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	689	mmHg
Presión del gas (Pg)	-1,54	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,01	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,23	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	45,72	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	29,13	°C
	302,28	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	58,8	ml
%CO2	0,98	
%O2	19,2	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	1,2	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	58,69	°C
	331,84	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,88	m
Área de la chimenea (As)	0,608	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,01100	m
Área de la boquilla (An)	0,0000950	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	1023,82	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA IPCC Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (metod)-Eco2 (mon)/Eco2 (metod)	127,80	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA EPA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (metod)-Eco2 (mon)/Eco2 (metod)	143,22	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	101,10	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		0,98	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	117,71	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	126,13	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	124,02	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	154,95	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	4,25	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,20	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	28,92	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,81	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	6,67	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,07850	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,10	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	688,89	mmHg

Empresa 9

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 9				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		DISEÑO Y FABRICACION DE ESTRUCTURAS A BASE DE POSTES DE CONCRETO				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	528			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	22	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	6336			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	X	MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2007			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	150 BHP			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					136,78	
KEROSENE PETROLEO					136,78	0
		Conversión a Kg/h :				
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	
CARBON MINERAL	X		7087			
BAGAZO			2,97E-05			
		Conversión a TJ/Kg :				
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro	valor	unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	675	mmHg
Presión del gas (Pg)	5,19	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,97	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,17	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	39,4	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,15	°C
	308,3	°K
Volumen total del agua (Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida)	34,3	ml
%CO2	4,45	
%O2	15,93	
%CO	0,03	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	2,47	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	197,65	°C
	470,8	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,62	m
Área de la chimenea (As)	0,302	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,00950	m
Área de la boquilla (An)	0,0000709	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%) = $(\%O_2 - 0.5*\%CO) / (0.264*\%N_2 - (\%O_2 - 0.5*\%CO))$	312,26	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA IPCC Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$\%E = Eco_2 (metod) - Eco_2 (mon) / Eco_2 (metod)$	5,51	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA EPA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$\%E = Eco_2 (metod) - Eco_2 (mon) / Eco_2 (metod)$	11,02	%
ISOCINETISMO	$\%I = (K_4 * T_s * V_m (std)) / (\theta * V_s * P_s + A_n * (1 - B_{ws}))$ K4=4,320	98,54	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		4,45	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Q_s (refd) = Q_s (refh) * (1 - B_{ws} / 100)$ $Q_s (refd) = Q_s (A) * (298 / T_s) * (P_s / 760) * (1 - B_{ws} / 100)$	70,49	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Q_s (refh) = Q_s (A) * (298 / T_s) * (P_s / 760)$	73,84	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Q_s (std) = Q_s (A) * ((293 / T_s) * (P_s / 760))$	72,60	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Q_s (A) = V_s * A_s * 60$	131,27	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$V_s = K_p * C_p * ((\Delta P * T_s) / (P_s * M_s))^{0.5}$ Kp=85,49 (Ingles) Kp= 34,97 (Metrico) Cp=0.85	7,25	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$M_s = M_d * (1 - B_{ws}) + 18 * B_{ws}$	28,83	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$M_d = 0.32 * (\%O_2) + 0.44 * (\%CO_2) + 0.28 * (\%N_2 + \%CO)$	29,35	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$\%N_2 = 100\% - (\%CO_2 + \%O_2 + \%CO)$	79,59	%
Contenido de humedad de los gases	$B_{ws} = (100 * V_{wc} (std)) / (V_{wc} (std) + V_m (std))$	4,54	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estándar	$V_{wc} (std) = K_2 * V_{wc}$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,04579	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$V_m (std) = K_3 * V * V_m * (P_b + \Delta H / 13.6) / T_m$ K3 = Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,96	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$P_s = P_b + (P_g / 13.6)$	675,38	mmHg

Empresa 10.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 10				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCIÓN DE LADRILLO				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA PIROTUBULAR		MARCA			
HORNO HOFFMAN	X	MODELO			
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1970		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD			
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					t/h
KEROSENE PETROLEO					91,667
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a Kg/h: 91,667		
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
MADERA					OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL	X		Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
BAGAZO			7059,24		
CARBON COQUE					
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)					
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?					
			Conversión a TJ/Kg: 2,96E-05		

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	696,10	mmHg
Presión del gas (Pg)	1,28	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,98	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,13	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	38,88	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	36,54	°C
	309,69	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	68,8	ml
%CO2	0,8	
%O2	20,08	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	0,99	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	55	°C
	328,15	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,95	m
Área de la chimenea (As)	0,709	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0112	m
Área de la boquilla (An)	9,764E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	2486,13	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON)co2 (IPCC)/Eco2 (MON)	119,74	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON)co2 (EPA)/Eco2 (MON)	116,51	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	95,84	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		0,80	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	123,71	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	135,49	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	133,22	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	162,88	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	3,83	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	27,98	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	28,93	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,12	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	8,70	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,09185	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,96	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	696,19	mmHg

Empresa 11.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 11					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	FABRICACION DE PRODUCTOS PROCESADOS DE ARCILLA					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	1	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	126			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1512			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA TUBULAR		MARCA				
HORNO	x	MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					119,05	
KEROSENE PETROLEO					119,05	
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a Kg/h		119,05	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
MADERA						OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL	x		Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	TJ/Kg
BAGAZO			7125			
CARBON COQUE			2,98E-05			
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/Kg:		2,98E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	694,95	mmHg
Presión del gas (Pg)	4,318	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,992	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	0,6111	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	4,064	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	31,83	°C
	304,98	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	44,8	ml
%CO2	2,6	
%O2	16,8	
% CO	0,1	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	7,8	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	115	°C
	388,15	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,634	m
Área de la chimenea (As)	0,316	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	92	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,004	m
Área de la boquilla (An)	0,0000135	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2- (%O2-0.5*%CO)	372,06	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	21,67	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	33,25	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	98,68	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		2,60	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	139,97	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	155,67	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	153,06	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	221,64	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	11,70	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	27,97	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,09	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	80,50	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	10,09	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,05981	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,53	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	695,27	mmHg

Empresa 17.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 17				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		PRODUCCION, DESARROLLO Y COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS LACTEOS Y ALIMENTOS PROCESADOS				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	DISTRAL			
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	200 BHP			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				82,30		
KEROSENE PETROLEO				82,30		
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a m3/h:		82,30	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
MADERA						OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
BAGAZO						34874,1
CARBON COQUE						3,49E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/m3:		3,49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	704,6	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,68	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,26	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	44,26	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,5	°C
	308,65	°K
Volumen total del agua (Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	155,6	ml
%CO2	8,83	
%O2	5,15	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	0,98	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	140,25	°C
	413,4	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,45	m
Área de la chimenea (As)	0,159	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,013	m
Área de la boquilla (An)	0,0001267	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	29,33	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	32,53	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	33,72	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	103,38	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		8,83	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	22,93	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	27,21	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	26,75	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	40,70	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	4,26	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	27,79	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,62	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	86,02	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	15,71	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,20773	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,11	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	704,80	mmHg

Empresa 18.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 18					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PROCESO DEL CACAO, CHOCOLATE Y EMPAQUE.					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	286			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	11	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	3432			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA		MARCA				
HORNO	X	MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				280		
KEROSENE PETROLEO				280		
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a m3/h:			280
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO BRUTO	UNIDADES			
MADERA						OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
BAGAZO						34874,1
CARBON COQUE			Conversión a TJ/m3:			3,49E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	671,66	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,11	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	0,83	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	50,86	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	40,1	°C
	313,25	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	17,2	ml
%CO2	6,01	
%O2	13,04	
% CO	0,04	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	28,27	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	104,45	°C
	377,6	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,377	m
Área de la chimenea (As)	0,112	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	72	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,00365	m
Área de la boquilla (An)	1,046E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE = (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2- (%O2-0.5*%CO))	156,11	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	21,94	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	23,31	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	104,9	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		6,01	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	99,07	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(Ps/760)	102,37	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	100,65	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	146,74	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	21,91	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	29,11	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,48	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	80,91	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	3,22	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,02296	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,690	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	671,82	mmHg

Empresa 19.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 19			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		FABRICACION Y COMERCIALIZACION DE AGUA Y BEBIDAS GASEOSAS			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		
			624		
			7488		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA TUBULAR	X	MARCA			
HORNO		MODELO			
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	250 BTU (POTENCIA NOMINAL)		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
CUAL?					
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)				82,89	
KEROSENE PETROLEO				82,89	
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión m3/h: 82,89		
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
MADERA					OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
BAGAZO					34874,1
CARBON COQUE				3,49E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/m3: 3,49E-05		
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?					

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	695	mmHg
Presión del gas (Pg)	8,128	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,992	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	0,76	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	5,33	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	37,06	°C
	310,21	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	58,6	ml
%CO2	7	
%O2	9,2	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	1,1007	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	179,06	°C
	452,21	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,51	m
Área de la chimenea (As)	0,204	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	96	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,008	m
Área de la boquilla (An)	0,0000450	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	71,19	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (MON)} - \text{Eco2 (IPCC)} / \text{Eco2 (MON)}$	36,90	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (MON)} - \text{Eco2 (EPA)} / \text{Eco2 (MON)}$	38,01	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(std)) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	100,58	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2	% CO2	7,00	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	31,15	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	34,89	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	34,30	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	57,84	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	4,72	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - Bws) + 18 * Bws$	28,26	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	29,49	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100\% - (%CO2 + %O2 + %CO)$	83,80	%
Contenido de humedad de los gases	$Bws = (100 * Vwc (std)) / (Vwc (std) + Vm(std))$	10,71	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,07823	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,65	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	695,60	mmHg

Empresa 20.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 20				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		COMERCIALIZAR HIDROCARBUROS Y SUS DERIVADOS Y GAS NATURAL VEHICULAR				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		416	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		16	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		4992	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN			3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA TUBULAR	X	MARCA	DISTRAL			
HORNO		MODELO				
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1980			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				111,5		
KEROSENE PETROLEO				111,5		
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874,1
BAGAZO						3,49E-05
CARBON COQUE			Conversión a TJ/m3:			3,487E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	703,7	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,53	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,97	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,71	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	76,23	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	41,06	°C
	314,21	°K
Volumen total del agua (Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	185	ml
%CO2	6,73	
%O2	8,9	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	5,6	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	153,5	°C
	426,65	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,35	m
Área de la chimenea (As)	0,096	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,010	m
Área de la boquilla (An)	0,000709	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	66,55	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	16,84	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	18,30	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	100,43	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		6,73	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	33,07	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	38,72	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	38,07	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	59,86	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	10,37	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws)+18*B ws	27,76	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,43	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	84,37	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	14,60	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,24698	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg K3=	1,44	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	703,96	mmHg

Empresa 21.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 21					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PREPARACION DE CREMACION DE CADAVERES Y RESTOS HUMANOS					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	150			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	5	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1800			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA		MARCA	TKF			
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO	X	CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				302		
KEROSENE PETROLEO			302			
			Conversión a m3/h:		302	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	Kj/m3
CARBON MINERAL						34874,1
BIOMASA						3,48741E-05
			Conversión a TJ/m3		3,49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro	valor	unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	688,4	mmHg
Presión del gas (Pg)	1,45	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	0,3	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	1,6	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	29,3	°C
	302,45	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	16,3	ml
%CO2	6,08	
%O2	10,1	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	2,84	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	262,53	°C
	535,68	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,47	m
Área de la chimenea (As)	0,173	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,01270	m
Área de la boquilla (An)	0,0001267	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	83,91	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA IPCC Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	106,09	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA EPA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	102,25	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps*An*(1-Bws)) K4=4,320	15,28	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		6,08	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	40,01	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	43,31	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	42,59	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	85,94	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	8,26	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,51	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,38	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	83,81	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	7,63	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,02176	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,26	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	688,51	mmHg

Empresa 23.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 23				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		PRODUCCION DE ALIMENTOS PARA ANIMALES				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES			
			690			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		23	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO			
			8280			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	POWER MASTER			
HORNO		MODELO				
INCINIEDOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1997			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	7 ton/h			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				39,08		
KEROSENE PETROLEO				39,08		
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a m3/h:		39,08	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
MADERA						OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
BAGAZO						34874,1
CARBON COQUE					3,49E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/m3		3,49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	701	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,07	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,94	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,12	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	26,47	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,17	°C
	308,32	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	96,4	ml
%CO2	8,68	
%O2	5,28	
% CO	0,05	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	0,63	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	84,5	°C
	357,65	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,3	m
Área de la chimenea (As)	0,071	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,01230	m
Área de la boquilla (An)	0,0001188	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	30,12	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) - Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	17,54	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) - Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	19,00	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	102,95	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		8,68	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	9,06	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	10,32	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	10,15	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	13,43	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms)) <sup>0.5</sup> Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	3,17	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,18	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,60	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	85,99	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	12,20	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,12869	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,93	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	701,15	mmHg

Empresa 24.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 24					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION Y DESPACHO DE PRODUCTOS ASFALTICOS.					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	3	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	70			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	5	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	840			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA TUBULAR		MARCA	ABL INTERNACIONAL			
HORNO		MODELO				
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO. ¿CUAL?	SECADOR TIPO TAMBOR	N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				264		
KEROSENE PETROLEO			264			
			Conversión a m3/h:		264	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874,1
BAGAZO						3,49E-05
			Conversión a TJ/m3:		3,49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	703,2	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,58	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,97	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	0,96	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	30,62	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	37,92	°C
	311,07	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	198,8	ml
%CO2	4,3	
%O2	13,25	
% CO	0,07	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	0,65	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	88,17	°C
	361,32	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,83	m
Área de la chimenea (As)	0,541	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,013	m
Área de la boquilla (An)	0,0001269	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	154,86	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = Eco2 (MON) Eco2 (IPCC) / Eco2 (MON)$	63,67	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = Eco2 (MON) Eco2 (EPA) / Eco2 (MON)$	60,79	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(std)) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	94,51	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		4,30	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	62,27	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	82,55	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	81,17	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	108,14	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	3,33	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - Bws) + 18 * Bws$	26,46	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	29,22	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100\% - (%CO2 + %O2 + %CO)$	82,38	%
Contenido de humedad de los gases	$Bws = (100 * Vwc (std)) / (Vwc (std) + Vm(std))$	24,57	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estándar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,26540	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,81	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	703,46	mmHg

Empresa 32.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 32					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCE MARGARINA Y ACEITE COMESTIBLE A PARTIR DE LA SOYA.					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	JCT			
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2004			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	500 BHP			
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					666,67	
KEROSENE PETROLEO				666,67		
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a Kg/h:		666,67	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		OTRO. ¿Cuál?	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	
CARBON MINERAL			4501			
BAGAZO			1,88E-05			
CARBON COQUE			Conversión a TJ/Kg:		1,88E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CASCARILLA DE PALMA					

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	700,33	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,56	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,96	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,6	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	76,18	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	34,78	°C
	307,93	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	103,2	ml
%CO2	5,78	
%O2	9,73	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	2,75	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	138,13	°C
	411,28	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,81	m
Área de la chimenea (As)	0,515	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,011	m
Área de la boquilla (An)	9,677E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	77,32	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (mon)} - \text{Eco2 (metod)} / \text{Eco2 (mon)}$	38,81	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (mon)} - \text{Eco2 (metod)} / \text{Eco2 (mon)}$	39,59	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(std)) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	92,22	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		5,78	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	132,87	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	146,34	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	143,89	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	219,10	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,09	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - B ws) + 18 * B ws$	28,27	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * \%O2 + 0.44 * \%CO2 + 0.28 * (\%N2 + \%CO)$	29,31	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$\%N2 = 100\% - (\%CO2 + \%O2 + \%CO)$	84,48	%
Contenido de humedad de los gases	$B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm(std) )$	9,21	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,13777	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,36	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	700,59	mmHg

Empresa 33.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 33			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION DE POLLO, PLANTA DE INCUBACION, PLANTA DE CONCENTRADOS PLANTA DE CARNES FRIAS			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	JTC	
HORNO		MODELO		
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2004	
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	200 BHP	
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)			kg/h	t/h
KEROSENE PETROLEO			0,5833	
ACPM. FUEL OIL N°2			583,3	
CRUDO FUEL OIL N° 6			Conversión a Kg/h: 583,3	
MADERA		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/L b	
CARBON COQUE			4501	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			1,88E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CASCARILLA DE PALMA		Conversión a TJ/Kg: 1,88E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	713,77	mmHg
Presión del gas (Pg)	10,79	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,03	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,04	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	21,69	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	39,7	°C
	312,85	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	102,3	ml
%CO2	12	
%O2	8,58	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,33	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	167,67	°C
	440,82	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,62	m
Área de la chimenea (As)	0,302	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	75	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,008	m
Área de la boquilla (An)	0,0000490	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO)	69,21	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (mon) - Eco2 (metod)}{Eco2 (mon)}$	2,59	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (mon) - Eco2 (metod)}{Eco2 (mon)}$	2,04	%
ISOCINETISMO	$%I = \frac{K4 * Ts * Vm(std)}{(\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))}$ K4=4,320	98,84	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		12,00	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws/100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298/Ts) * (Ps/760) * (1 - Bws/100)$	79,79	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298/Ts) * (Ps/760)$	91,33	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293/Ts) * (Ps/760))$	89,79	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	143,69	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,93	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - B ws) + 18 * B ws$	28,71	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	30,26	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100 - (%CO2 + %O2 + % CO)$	79,41	%
Contenido de humedad de los gases	$B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm(std) )$	12,63	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,13657	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,94	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg/13.6)$	714,56	mmHg

Empresa 34.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 34				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	BENEFICIO Y PROCESAMIENTO DE GANADO BOVINO Y PORCINO				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA	X	MARCA	JCT		
HORNO		MODELO	200H3P165		
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2009		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	200 BHP		
OTRO CUAL?		Nº CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					488
KEROSENE PETROLEO					488
			Conversión a Kg/h:		
				488	
ACPM. FUEL OIL Nº2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
CRUDO FUEL OIL Nº 6					OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
CARBON MINERAL			4501		
BIOMASA	X		1,88E-05		
			Conversión a TJ/Kg:		
				1,88E-05	
CARBON COQUE					
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)					
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CASCARILLA DE PALMA				

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro	valor	unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	697,6	mmHg
Presión del gas (Pg)	4,17	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,37	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	53,54	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	32,08	°C
	305,23	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	77,2	ml
%CO2	10,08	
%O2	13,8	
% CO	0,01	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	7,77	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	141	°C
	414,15	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,47	m
Área de la chimenea (As)	0,173	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,00770	m
Área de la boquilla (An)	0,0000466	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	219,04	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA IPCC Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (metod)} - \text{Eco2 (mon)} / \text{Eco2 (metod)}$	3,63	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA EPA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \text{Eco2 (metod)} - \text{Eco2 (mon)} / \text{Eco2 (metod)}$	4,22	%
ISOCINETISMO	$%I = (K4 * Ts * Vm(\text{std})) / (\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))$ K4=4,320	102,63	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		10,08	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs(\text{refd}) = Qs(\text{refh}) * (1 - Bws / 100)$ $Qs(\text{refd}) = Qs(A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	74,70	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs(\text{refh}) = Qs(A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	81,04	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs(\text{std}) = Qs(A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	79,68	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs(A) = Vs * As * 60$	122,64	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	11,78	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - Bws) + 18 * Bws$	29,21	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * \%O2 + 0.44 * \%CO2 + 0.28 * (\%N2 + \%CO)$	30,16	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$\%N2 = 100\% - (\%CO2 + \%O2 + \%CO)$	76,11	%
Contenido de humedad de los gases	$Bws = (100 * Vwc(\text{std})) / (Vwc(\text{std}) + Vm(\text{std}))$	7,82	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc(\text{std}) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,10306	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(\text{std}) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,21	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	697,91	mmHg

Empresa 35.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 35		
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	METALMECANICA Y PRODUCCION DE PAPEL		
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	690
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	23	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8280
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE			
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE	
CALDERA	X	MARCA	JCT
HORNO		MODELO	
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2006
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)	
CUAL?			
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE			
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES	
GAS NATURAL		UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)		Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)		CONSUMO PROMEDIO	
KEROSENE PETROLEO			450
ACPM. FUEL OIL N°2		Conversión a Kg/h: 450	
CRUDO FUEL OIL N° 6		UNIDADES	
MADERA			OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL		PODER CALORIFICO NETO	Kcal/kg
BAGAZO			kJ/kg
CARBON COQUE			Btu/Lb
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			4560
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CUESCO DE COCO		1,91E-05
		Conversión a TJ/Kg: 1,91E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro	valor	unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	694	mmHg
Presión del gas (Pg)	-4,55	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,99	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,195	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	37,35	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	36,71	°C
	309,86	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	39,1	ml
%CO2	11,9	
%O2	8,73	
% CO	0,0075	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	5,8	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	169,17	°C
	442,32	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,48	m
Área de la chimenea (As)	0,181	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,00780	m
Área de la boquilla (An)	0,0000478	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	71,38	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA IPCC Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (mon) - Eco2 (metod)}{Eco2 (mon)}$	7,92	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA EPA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	$%E = \frac{Eco2 (mon) - Eco2 (metod)}{Eco2 (mon)}$	3,07	%
ISOCINETISMO	$%I = \frac{(K4 * Ts * Vm(std))}{(\theta * Vs * Ps + An * (1 - Bws))}$ K4=4,320	98,95	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		11,90	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	$Qs (refd) = Qs (refh) * (1 - Bws / 100)$ $Qs (refd) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760) * (1 - Bws / 100)$	66,53	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	$Qs (refh) = Qs (A) * (298 / Ts) * (Ps / 760)$	69,91	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	$Qs (std) = Qs (A) * ((293 / Ts) * (Ps / 760))$	68,74	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	$Qs (A) = Vs * As * 60$	113,70	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	$Vs = Kp * Cp * ((\Delta P * Ts) / (Ps * Ms))^{0.5}$ Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	10,47	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	$Ms = Md * (1 - B ws) + 18 * B ws$	29,66	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	$Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)$	30,25	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	$%N2 = 100 - (%CO2 + %O2 + %CO)$	79,36	%
Contenido de humedad de los gases	$B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm(std) )$	4,84	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	$Vwc (std) = K2 * Vwc$ K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> / ml	0,05220	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	$Vm(std) = K3 * Y * Vm * (Pb + \Delta H / 13.6) / Tm$ K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,03	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	$Ps = Pb + (Pg / 13.6)$	693,67	mmHg

Empresa 36.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 36				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	LAVANDERIA INDUSTRIAL, ALQUILER Y/O VENTA DE ROPA QUIRURJICA Y HOSPITALARIA.				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA PIROTUBULAR	X	MARCA	JCT		
HORNO		MODELO			
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2007		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	200 BHP		
OTRO CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					94,45
KEROSENE PETROLEO					94,45
			Conversión a Kg/h:		
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/L b
CARBON MINERAL			4501		
BAGAZO			1,88E-05		
				Conversión a TJ/Kg:	
CARBON COQUE				1,88E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)					
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	CASCARILLA DE PALMA				

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	684,24	mmHg
Presión del gas (Pg)	3	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,01	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,42	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	56,15	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,5	°C
	308,65	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	44,9	ml
%CO2	2,33	
%O2	18,33	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,3	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	145,08	°C
	418,23	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,38	m
Área de la chimenea (As)	0,113	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,010	m
Área de la boquilla (An)	0,0000709	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	700,75	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	97,64	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	98,76	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	101,98	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		2,33	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) = Qs (refh) * (1-Bws/100) Qs (refd) = Qs (A) * (298/Ts) * (Ps/760) * (1-Bws/100)	32,80	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) * (298/Ts) * (Ps/760)	34,39	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) * ((293/Ts) * (Ps/760))	33,81	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs * As * 60	53,59	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp * Cp * ((ΔP * Ts) / (Ps * Ms)) <sup>0.5</sup> Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,88	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md * (1-B ws) + 18 * B ws	28,59	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32 * (%O2) + 0.44 * (%CO2) + 0.28 * (%N2 + %CO)	29,11	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,34	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100 * Vwc (std) ) / (Vwc (std) + Vm (std) )	4,63	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2 * Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> / ml	0,05994	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm (std) = K3 * Y * Vm * (Pb + ΔH / 13.6) / Tm K3 = Tstd / Pstd = 293 / 760 = 0.3858 K / mmHg	1,23	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg / 13.6)	684,46	mmHg

Empresa 37.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 37			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	208	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	8	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	2496	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA TUBULAR		MARCA	ESTANDARD STEEL	
HORNO		MODELO	TM20B	
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO, CUAL?	TAMBOR MEZCLADOR	Nº CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)			kg/h	t/h
KEROSENE PETROLEO			159,894	
ACPM. FUEL OIL N°2	X		Conversión a Kg/h: 159,894	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg
CARBON MINERAL			Btu/Lb	TJ/Kg
BAGAZO			18640	
CARBON COQUE			Conversión a TJ/Kg: 4,34E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)				
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	704,5	mmHg
Presión del gas (Pg)	9,63	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,98	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,41	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	55,61	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	33,63	°C
	306,78	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	133,1	ml
%CO2	3,23	
%O2	16,93	
% CO	0,03	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	13,88	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	54,25	°C
	327,4	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,745	m
Área de la chimenea (As)	0,436	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,006	m
Área de la boquilla (An)	0,0000322	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	407,12	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	51,06	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	51,75	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	102,51	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		3,23	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	275,71	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	315,50	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	310,20	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	373,55	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	14,28	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	27,78	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,19	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,81	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	12,61	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,17769	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,23	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	705,21	mmHg

Empresa 38.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 38					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	156			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	6	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1872			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR		MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
CUAL?	TAMBOR MEZCLADOR	N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					92,16	
KEROSENE PETROLEO				92,16		
ACPM. FUEL OIL N°2	X		Conversión a Kg/h:			92,16
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			10277,77			
BAGAZO			4,30E-05			
CARBON COQUE			Conversión a TJ/Kg:			4,30E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	675,3	mmHg
Presión del gas (Pg)	40,88	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1,024	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,032	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	33,02	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	30,75	°C
	303,9	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	289,2	ml
%CO2	11,08	
%O2	9,55	
% CO	0,022	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	46,45	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	79,88	°C
	353,03	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,37	m
Área de la chimenea (As)	0,108	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,004	m
Área de la boquilla (An)	0,0000156	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2- (%O2-0.5*%CO)	83,61	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	76,70	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	76,85	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	110,24	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		11,08	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	96,58	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	137,58	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	135,28	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	182,62	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	28,31	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	26,53	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	30,15	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,35	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	29,81	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,38608	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,91	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	678,31	mmHg

Empresa 39.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 39			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		ELABORACION DE CERVEZA Y MALTA			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		0,4167	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		5	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA ACUATUBULAR	X	MARCA	DISTRAL		
HORNO		MODELO			
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1995		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	1000 BHP		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
CUAL?					
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					t/h
KEROSENE PETROLEO					479,68
ACPM. FUEL OIL N°2	X		Conversión a Kg/h:		
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
MADERA					OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
BAGAZO					TJ/Kg
CARBON COQUE					4,30E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/Kg:		
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				4,30E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	709	mmHg
Presión del gas (Pg)	-3,7	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,991	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,324	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	47,107	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	32,6	°C
	305,75	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	75,7	ml
%CO2	5,8	
%O2	13,8	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	4,67	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	132,9	°C
	406,05	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,765	m
Área de la chimenea (As)	0,460	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,009	m
Área de la boquilla (An)	0,0000615	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	185,84	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	41,73	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	40,88	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	94,63	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		5,80	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	157,76	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	171,28	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	168,40	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	250,26	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	9,07	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,57	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,48	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	80,40	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	7,89	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,10106	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,18	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	708,73	mmHg

Empresa 40.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 27				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		ELABORACION DE CERVEZA Y MALTA				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES			0,5	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO			6	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN			3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA TUBULAR	X	MARCA	UNIAL			
HORNO		MODELO				
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1985			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	400 BHP			
OTRO CUAL?		Nº CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)					223,84	
KEROSENE PETROLEO			Conversión a Kg/h:			223,84
ACPM. FUEL OIL N°2	X	PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	TJ/Kg
CARBON MINERAL						4,30E-05
BAGAZO			Conversión a TJ/Kg			4,30E-05
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	708	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,7	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,991	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,288	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	43,83	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,9	°C
	309,05	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	48,7	ml
%CO2	3,6	
%O2	16,2	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,23	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	171,6	°C
	444,75	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,665	m
Área de la chimenea (As)	0,347	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,009	m
Área de la boquilla (An)	0,0000697	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	325,77	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (IPCC)/Eco2 (MON)	73,01	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON) Eco2 (EPA)/Eco2 (MON)	71,98	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	98,46	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		3,60	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	97,16	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	102,73	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	101,01	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	164,54	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	7,90	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,62	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,22	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	80,20	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	5,43	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,06501	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,13	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	708,20	mmHg

Empresa 41.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 41		
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		FABRICANTES DE LOSAS Y BALDOSAS DE HORMIGON		
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	48	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	2	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	576	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA		MARCA	GENCO	
HORNO SOPLADOR	X	MODELO		
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1994	
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)			70	
KEROSENE PETROLEO			0,265	
ACPM. FUEL OIL N°2		Conversión a Kg/h: 235,805		
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA			Kcal/k g	OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			kJ/kg	TJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	4,02E-05
CARBON COQUE				Conversión a TJ/kg: 4,02E-05
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)				
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	ACEITE REICLADO			

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	698,6	mmHg
Presión del gas (Pg)	3,4	mmH2O
Factor de calibración (Y)	0,98	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,26	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	43,71	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	35,17	°C
	308,32	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	260,1	ml
%CO2	7,63	
%O2	12,35	
% CO	0,2	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	6,07	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	65,89	°C
	339,04	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,52	m
Área de la chimenea (As)	0,212	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0079	m
Área de la boquilla (An)	0,0000490	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	138,85	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	0,90	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	1,44	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	103,92	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		7,63	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	76,58	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	101,10	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	99,41	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	125,09	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	9,82	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	26,87	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,71	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	79,82	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	24,25	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,34723	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,08	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	698,85	mmHg

Empresa 42.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 29.				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		ELABORACIÓN DE ABONOS ORGANICOS Y MINERALES				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA		6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES			
			234			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)		9	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO			
			2808			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA PIROTUBULAR		MARCA				
HORNO ROTATORIO	X	MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)			10			
KEROSENE PETROLEO			0,03785			
			Conversión a m3/h		0,0378	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		OTRO. ¿Cuál?	
CRUDO FUEL OIL N° 6						
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	TJ/Kg
CARBON MINERAL						4,02E-05
BAGAZO						0,0000402
			Conversión a TJ/Kg:		4,02E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?	ACEITE REICLADO					

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades Métricas
Presión barométrica del sitio (Pb)	698,89	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,8	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,35	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	51,15	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	29,88	°C
	303,03	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada + Vol agua absorbida )	132,1	ml
%CO2	2,38	
%O2	16,7	
% CO	0,04	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	6,08	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	106,88	°C
	380,03	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,31	m
Área de la chimenea (As)	0,075	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,0079	m
Área de la boquilla (An)	4,902E-05	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	357,00	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (IPCC) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON)co2 (IPCC)/Eco2 (MON)	21,07	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA (EPA) Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (MON)co2 (EPA)/Eco2 (MON)	21,72	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	107,77	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		2,38	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	29,23	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	33,50	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	32,94	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	46,44	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	10,26	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	27,64	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,05	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	80,88	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	12,74	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,17635	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,21	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	699,10	mmHg

Empresa 43.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 30		
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	FABRICACION DE PIEZAS PARA EL MERCADO AUTOMOTRIZ, PETROLEO Y GAS		
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL			
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	3	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	126
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	9	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1512
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE			
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE	
CALDERA		MARCA	LAVCO
HORNO	X	MODELO	
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1991
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)	
CUAL?			
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE			
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES	
GAS NATURAL		UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)		Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)		CONSUMO PROMEDIO	
KEROSENE PETROLEO			kg/h
ACPM. FUEL OIL N°2			t/h
CRUDO FUEL OIL N° 6		CONVERSIÓN A Kg/h: 192	
MADERA		UNIDADES	
CARBON MINERAL		OTRO. ¿Cuál?	
BAGAZO		PODER CALORIFICO NETO	Kcal/kg
CARBON COQUE	X		kJ/kg
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Btu/Lb
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?			
			3,18E-05
		CONVERSIÓN A TJ/Kg: 3,18E-05	

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	679,5	mmHg
Presión del gas (Pg)	2,88	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,19	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	44,33	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	33,5	°C
	306,65	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	24,2	ml
%CO2	16,05	
%O2	0,83	
% CO	0,83	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	3,68	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	725,5	°C
	998,65	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,49	m
Área de la chimenea (As)	0,189	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,01113	m
Área de la boquilla (An)	0,0000973	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	1,95	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	17,23	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	13,62	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	91,39	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		16,05	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	36,72	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	37,88	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	37,24	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	141,94	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	12,55	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	30,22	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	30,60	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	82,29	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	3,06	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,03231	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	1,02	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	679,71	mmHg

Empresa 44.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 44			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	CREMACION DE CADAVERES			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	120	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	4	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1440	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA TUBULAR		MARCA	TECMON INDUSTRIAL	
HORNO		MODELO		
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2004	
HORNO CREMATORIO	X	CAPACIDAD		
OTRO. ¿CUAL?		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)	2	
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)	X		Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				
ACPM. FUEL OIL N°2			Conversión a Kg/h: 85	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg
CARBON MINERAL				Btu/Lb
BAGAZO				OTRO. ¿Cuál? TJ/Kg
CARBON COQUE			4,73E-05	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			Conversión a TJ/Kg: 4,73E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

DATOS PARA EL CALCULO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO		
Parámetro		unidades
Presión barométrica del sitio (Pb)	694,24	mmHg
Presión del gas (Pg)	1,52	mmH2O
Factor de calibración (Y)	1	
Volumen de gas seco a condiciones de medidor (Vm)	1,07	m <sup>3</sup>
Promedio en milímetros de agua (ΔH)	37,71	mmH2O
Temperatura promedio en el medidor (Tm)	33,75	°C
	306,9	°K
Volumen total del agua(Vwc) (Vol agua condensada +Vol agua absorbida )	32,6	ml
%CO2	2,45	
%O2	16,53	
% CO	0	
Pitot promedio en milímetros de agua (ΔP)	1,42	mmH2O
Temperatura promedio de la chimenea (Ts)	195,92	°C
	469,07	°K
Diámetro de la chimenea (Φ)	0,52	m
Área de la chimenea (As)	0,212	m <sup>2</sup>
Tiempo de prueba	60	min
Diámetro de la boquilla (Φn)	0,011	m
Área de la boquilla (An)	0,0000968	m <sup>2</sup>
EXCESO DE AIRE (%)= (%O2-0.5*%CO)/(0.264*%N2-(%O2-0.5*%CO))	340,17	

RESULTADOS DEL MUESTREO ISOCINETICO			
VARIABLE	ECUACION EMPLEADA	REPORTE DE RESULTADOS	UNIDADES
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	128,73	%
PORCENTAJE DE ERROR ENTRE LA METODOLOGIA Y EL MONITOREO ISOCINETICO	%E= Eco2 (mon)-Eco2 (metod)/Eco2 (mon)	105,70	%
ISOCINETISMO	%I=(K4*Ts*Vm(std))/(θ*Vs*Ps+An*(1-Bws)) K4=4,320	90,73	%
Porcentaje de Dióxido de Carbono CO2		2,45	%
Caudal en condiciones de referencia base seca	Qs (refd) =Qs (refh) *(1-Bws/100) Qs (refd)= Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)*(1-Bws/100)	38,41	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones de referencia base húmeda	Qs (refh) = Qs (A) *(298/Ts)*(Ps/760)	40,19	m <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar en base húmeda	Qs (std) = Qs (A) *((293/Ts)*(Ps/760))	39,52	m <sup>3</sup> /min
Caudal de los gases a condiciones de chimenea	Qs (A) = Vs*As*60	69,25	m <sup>3</sup> /min
Velocidad promedio de los gases en chimenea	Vs = Kp*Cp*((ΔP*Ts)/(Ps*Ms))^0.5 Kp=85,49(Ingles) Kp= 34,97(Metrico) Cp=0.85	5,43	m/s
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base húmeda	Ms = Md*(1-B ws )+18*B ws	28,56	g/mol
Peso moléculas del gas seco en condiciones de chimenea, base seca	Md = 0.32*(%O2)+0.44*(%CO2)+0.28*(%N2+%CO)	29,05	g/mol
Porcentaje de Nitrógeno	%N2 = 100% - (%CO2 + %O2 + % CO)	81,02	%
Contenido de humedad de los gases	B ws = (100*Vwc (std) )/(Vwc (std)+Vm(std) )	4,44	%
Volumen de agua recolectada en impactadores y en sílica gel bajo condiciones estandar	Vwc (std) = K2*Vwc K2 = 0.001335 m <sup>3</sup> /ml	0,04352	m <sup>3</sup>
Volumen de gases medidos a condiciones estándar	Vm(std)= K3*Y*Vm*(Pb+ ΔH/13.6)/Tm K3= Tstd/Pstd=293/760=0.3858 K/mmHg	0,94	m <sup>3</sup>
Presión absoluta de los gases en chimenea	Ps = Pb + (Pg/13.6)	694,35	mmHg

Empresas que no cuentan con Monitoreo Isocinético:

Empresa 12.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 12				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	TINTURA DE JEANS				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	286		
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	11	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	3432		
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA	X	MARCA			
HORNO		MODELO			
INCINIREADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
CUAL?					
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					52,45
KEROSENE PETROLEO			Conversión a Kg/h: 52.45		
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
CARBON MINERAL	X			25800	
BAGAZO			Conversión a TJ/Kg: 2.58E-05		
CARBON COQUE					
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)					
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?					

Empresa 13.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 13			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		LAVADO Y PROCESOS DE PRENDAS DE VESTIR			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL					
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES		330	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	11	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO		3960	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE					
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE			
CALDERA	X	MARCA			
HORNO		MODELO			
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN			
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)			
CUAL?					
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE					
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES			
GAS NATURAL		CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES		
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h
GAS BUTANO (G/B)					34,97
KEROSENE PETROLEO			Conversión a Kg/h:		34,97
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES		
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb
CARBON MINERAL	X		7087		
BAGAZO			Conversión a TJ/Kg:		
CARBON COQUE			2.97E-05		
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)					
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?					

Empresa 14

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 14				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		ELABORACION DE CERVEZA Y MALTA				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	280.08			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	3361			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	x	MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				1000		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:		1000	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:		3.49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

Empresa 15.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 15					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	ELABORACION DE CERVEZA Y MALTA					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	355,67			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	4268			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	x	MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				700		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:			700
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:			3.49E-05
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

Empresa 16

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 16			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	FABRICACION DE PRODUCTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	624	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	16	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	7488	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA	X	MARCA		
HORNO		MODELO		
INCINIEDOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	125 BHP	
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			152	
CRUDO FUEL OIL N° 6			Conversión a m3/h: 152	
MADERA		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
CARBON MINERAL				OTRO. ¿Cuál?
BAGAZO			Kcal/kg	kJ/kg
CARBON COQUE			Btu/Lb	KJ/m3
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			34874	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?			Conversión a TJ/m3: 3.49E-05	

Empresa 22.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 22					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	ELABORACION DE CERVEZA Y MALTA					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	115			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1380			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	x	MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				320		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:		320	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6						OTRO. ¿Cuál?
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:		3.49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

Empresa 25

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 25			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HUEVOS FRESCOS Y FERTILES			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA		MARCA		
HORNO	x	MODELO		
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			CONVERSIÓN A m3/h: 19.44	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA				OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	KJ/m3
CARBON COQUE			34874	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			CONVERSIÓN A TJ/m3: 3.49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

Empresa 26

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 26			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS POR PROCESOS DE FORJA POR ESTAMPADO			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	390	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	13	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	4680	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA		MARCA		
HORNO	x	MODELO		
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			CONVERSIÓN A m3/h: 21.99	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA				OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	KJ/m3
CARBON COQUE			34874	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			CONVERSIÓN A TJ/m3: 3.49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

Empresa 27.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 27					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	PRODUCCION DE CUERDAS CORDONES, REATAS DE NYLON					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	312			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	12	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	3744			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	X	MARCA				
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD				
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				10,73		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:		10.73	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:		3.49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

Empresa 28.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 28			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	FABRICACION DE PRODUCTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	104	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	4	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	1248	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA	X	MARCA		
HORNO		MODELO		
INCINIEDOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	100 BHP	
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			CONVERSIÓN A m3/h: 20	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA				OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	KJ/m3
CARBON COQUE			34874	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			CONVERSIÓN A TJ/m3: 3.49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

Empresa 29

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 29			
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS E INDUSTRIALES			
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL				
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	7	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	720	
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	24	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	8640	
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE				
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE		
CALDERA		MARCA		
HORNO		MODELO		
INCINERADOR	x	AÑO DE CONSTRUCCIÓN		
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD		
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)		
CUAL?				
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE				
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES		
GAS NATURAL	x	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES	
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h
GAS BUTANO (G/B)				kg/h
KEROSENE PETROLEO				t/h
ACPM. FUEL OIL N°2			CONVERSIÓN A m3/h: 2.58	
CRUDO FUEL OIL N° 6		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES	
MADERA				OTRO. ¿Cuál?
CARBON MINERAL			Kcal/kg	kJ/kg
BAGAZO			Btu/Lb	KJ/m3
CARBON COQUE			34874	
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)			CONVERSIÓN A TJ/m3: 3.49E-05	
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?				

Empresa 30.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:	EMPRESA 30					
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	RENOVADORA DE LLANTAS					
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	78			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	3	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	936			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	X	MARCA	CONTINENTAL			
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	40 BHP			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				18.81		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:		18.81	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:		3.49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES? PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

Empresa 31.

1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
1.1 NOMBRE:		EMPRESA 31				
1.2 ACTIVIDAD DE LA EMPRESA		PRODUCCIÓN DE ARTICULOS METÁLICOS				
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL						
2.1 DIAS DE OPERACIÓN POR SEMANA	6	2.3 HORAS DE OPERACIÓN POR MES	252			
2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS/DIA)	10.5	2.4 HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO	3024			
3. INFORMACION SOBRE LA FUENTE						
3.1 FUENTE DE EMISIÓN		3.2 REFERENCIA DE LA FUENTE				
CALDERA	X	MARCA	CONTINENTAL			
HORNO		MODELO				
INCINERADOR		AÑO DE CONSTRUCCIÓN				
HORNO CREMATORIO		CAPACIDAD	40 BHP			
OTRO		N° CAMARAS DE COMBUSTION (SI APLICA)				
CUAL?						
4. ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE						
4.1 TIPO		4.2 DATOS GENERALES				
GAS NATURAL	X	CONSUMO PROMEDIO	UNIDADES			
GAS PROPANO (GLP)			Gal/h	m3/h	kg/h	t/h
GAS BUTANO (G/B)				2.32		
KEROSENE PETROLEO			Conversión a m3/h:		2.32	
ACPM. FUEL OIL N°2		PODER CALORIFICO NETO	UNIDADES			
CRUDO FUEL OIL N° 6					OTRO. ¿Cuál?	
MADERA			Kcal/kg	kJ/kg	Btu/Lb	KJ/m3
CARBON MINERAL						34874
BAGAZO			Conversión a TJ/m3:		3.49E-05	
CARBON COQUE						
MEZCLA DE COMBUSTIBLE. ¿CUALES?						
PROPORCIÓN (%)						
OTRO COMBUSTIBLE. ¿CUAL?						

**VALORES CALÓRICOS BRUTOS DEACUERDO A LA INFORMACION  
ENTREGADA POR LAS EMPRESAS DEL AMB EN EL MUESTREO  
ISOCINETICO.**

		PODER CALORIFICO BRUTO			
		Kcal/kg	kJ/kg	Btu/lb	kJ/m <sup>3</sup>
1. CARBON MINERAL	EMPRSA 1	7950			
	EMPRSA 2	7500			
	EMPRSA 3	7460			
	EMPRSA 4	6347			
	EMPRSA 5			12500	
	EMPRSA 6	6347			
	EMPRSA 7	8000			
	EMPRSA 8	5892,76			
	EMPRSA 9	7460			
	EMPRSA 10	7430,78			
	EMPRSA 11	7500			
	EMPRSA 12				
	EMPRSA 13	7460			
2. GAS NATURAL	EMPRSA 14				38749
	EMPRSA 15				38749
	EMPRSA 16				38749
	EMPRSA 17				38749
	EMPRSA 18				38749
	EMPRSA 19				38749
	EMPRSA 20				38749
	EMPRSA 21				38749
	EMPRSA 22				38749
	EMPRSA 23				38749
	EMPRSA 24				38749
	EMPRSA 25				38749
	EMPRSA 26				38749
	EMPRSA 27				38749
	EMPRSA 28				38749
	EMPRSA 29				38749
	EMPRSA 30				38749
	EMPRSA 31				38749
3. BIOMASA	EMPRSA 32	4526			
	EMPRSA 33	4526			
	EMPRSA 34	4526			
	EMPRSA 35	4560			
	EMPRSA 36	4526			
4. ACPM (FUEL OIL Nº 2)	EMPRSA 37			19621	
	EMPRSA 38	10818,7			
	EMPRSA 39				
	EMPRSA 40				
5. ACEITE RECICLADO	EMPRSA 41				
	EMPRSA 42				
6. CARBON COQUE	EMPRSA 43	8000			
7. GLP	EMPRSA 44				

VALORES CALÓRICOS NETOS (VCN) POR DEFECTO Y LÍMITES INFERIOR Y SUPERIOR DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95%

Descripción en español del tipo de combustible		Valor calórico neto (TJ/Gg)	Inferior	Superior
Petróleo crudo		42,3	40,1	44,8
Orimulsión		27,5	27,5	28,3
Gas natural licuado		44,2	40,9	46,9
Gasolina	Gasolina para motores	44,3	42,5	44,8
	Gasolina para la aviación	44,3	42,5	44,8
	Gasolina para motor a reacción	44,3	42,5	44,8
Queroseno para motor a reacción		44,1	42,0	45,0
Otro queroseno		43,8	42,4	45,2
Esquisto bituminoso		38,1	32,1	45,2
Gas/Diesel Oil		43,0	41,4	43,3
Fuelóleo residual		40,4	39,8	41,7
Gases licuados de petróleo		47,3	44,8	52,2
Etano		46,4	44,9	48,8
Nafta		44,5	41,8	46,5
Alquitrán		40,2	33,5	41,2
Lubricantes		40,2	33,5	42,3
Coque de petróleo		32,5	29,7	41,9
Sustancia para alimentación a procesos de refinerías		43,0	36,3	46,4
Otro petróleo	Gas de refinería <sup>2</sup>	49,5	47,5	50,6
	Ceras de parafina	40,2	33,7	48,2
	Espíritu blanco y SBP	40,2	33,7	48,2
	Otros productos del petróleo	40,2	33,7	48,2
Antracita		26,7	21,6	32,2
Carbón de coque		28,2	24,0	31,0
Otro carbón bituminoso		25,8	19,9	30,5
Carbón sub-bituminoso		18,9	11,5	26,0
Lignito		11,9	5,50	21,6
Esquisto bituminoso y arena impregnada de alquitrán		8,9	7,1	11,1
Briquetas de carbón de lignito		20,7	15,1	32,0
Combustible evidente		20,7	15,1	32,0
Coque	Coque para horno de coque y coque de lignito	28,2	25,1	30,2
	Coque de gas	28,2	25,1	30,2
Alquitrán de hulla <sup>3</sup>		28,0	14,1	55,0
Gases derivados	Gas de fábrica de gas <sup>4</sup>	38,7	19,6	77,0
	Gas de horno de coque <sup>5</sup>	38,7	19,6	77,0
	Gas de alto horno <sup>6</sup>	2,47	1,20	5,00
	Gas de horno de oxígeno para aceros <sup>7</sup>	7,06	3,80	15,0
Gas natural		48,0	46,5	50,4
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)		10	7	18
Desechos industriales		NA	NA	NA
Óleos de desecho <sup>8</sup>		40,2	20,3	80,0
Turba		9,76	7,80	12,5

**VALORES CALÓRICOS NETOS (VCN) POR DEFECTO Y LÍMITES INFERIOR Y SUPERIOR DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95%(CONTINUACION)**

Descripción en español del tipo de combustible		Valor calórico neto (TJ/Gg)	Inferior	Superior
Biocombustibles sólidos	Madera/Desechos de madera <sup>9</sup>	15,6	7,90	31,0
	Lejía de sulfito (licor negro) <sup>10</sup>	11,8	5,90	23,0
	Otra biomasa sólida primaria <sup>11</sup>	11,6	5,90	23,0
	Carbón vegetal <sup>12</sup>	29,5	14,9	58,0
Biocombustibles líquidos	Biogasolina <sup>13</sup>	27,0	13,6	54,0
	Biodiésel <sup>14</sup>	27,0	13,6	54,0
	Otros biocombustibles líquidos <sup>15</sup>	27,4	13,8	54,0
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero <sup>16</sup>	50,4	25,4	100
	Gas de digestión de lodos cloacales <sup>17</sup>	50,4	25,4	100
	Otro biogás <sup>18</sup>	50,4	25,4	100
Otros combustibles no fósiles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	11,6	6,80	18,0

Notas:

<sup>1</sup> Límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 por ciento, suponiendo distribuciones lognormales, ajustado a un conjunto de datos, sobre la base de los informes de inventarios nacionales, los datos de la AIE y los datos nacionales disponibles. Se presenta una descripción más detallada en la sección 1.5.

<sup>2</sup> Datos japoneses; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>3</sup> EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>4</sup> Gas de horno de coque; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>5-7</sup> Datos en pequeñas cantidades de Japón y el Reino Unido; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>8</sup> Para los aceites de desecho se toman los valores de los «lubricantes»

<sup>9</sup> EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>10</sup> Datos japoneses; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>11</sup> Biomasa sólida; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>12</sup> EFDB; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>13-14</sup> Número teórico de etanol; rango de incertidumbre: dictamen de expertos;

<sup>15</sup> Biomasa líquida; rango de incertidumbre: dictamen de expertos

<sup>16-18</sup> Número teórico de metano rango de incertidumbre: dictamen de expertos;

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2 capítulo 1, página 1.19, 1.20.

## FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN

Descripción en español del tipo de combustible	Contenido de carbono por defecto (kg/GJ)	Factor de oxidación de carbono por defecto	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> eficaz (kg/TJ) <sup>2</sup>			
			Valor por defecto <sup>3</sup>	Intervalo de confianza del 95%		
	A	B	$C=A*B*44/12*1000$	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	20,0	1	73 300	71 100	75 500	
Orimulsión	21,0	1	77 000	69 300	85 400	
Gas natural licuado	17,5	1	64 200	58 300	70 400	
Gasolina	Gasolina para motores	18,9	1	69 300	67 500	73 000
	Gasolina para la aviación	19,1	1	70 000	67 500	73 000
	Gasolina para motor a reacción	19,1	1	70 000	67 500	73 000
Queroseno para motor a reacción	19,5	1	71 500	69 700	74 400	
Otro queroseno	19,6	1	71 900	70 800	73 700	
Esquisto bituminoso	20,0	1	73 300	67 800	79 200	
Gas/Diesel oil	20,2	1	74 100	72 600	74 800	
Fuelóleo residual	21,1	1	77 400	75 500	78 800	
Gases licuados de petróleo	17,2	1	63 100	61 600	65 600	
Etano	16,8	1	61 600	56 500	68 600	
Nafta	20,0	1	73 300	69 300	76 300	
Alquitrán	22,0	1	80 700	73 000	89 900	
Lubricantes	20,0	1	73 300	71 900	75 200	
Coque de petróleo	26,6	1	97 500	82 900	115 000	
Sustancia para alimentación a procesos de refinerías	20,0	1	73 300	68 900	76 600	
Otro petróleo	Gas de refinería	15,7	1	57 600	48 200	69 000
	Ceras de parafina	20,0	1	73 300	72 200	74 400
	Espiritu blanco y SBP	20,0	1	73 300	72 200	74 400
Otros productos del petróleo	20,0	1	73 300	72 200	74 400	
Antracita	26,8	1	98 300	94 600	101 000	
Carbón de coque	25,8	1	94 600	87 300	101 000	
Otro carbón bituminoso	25,8	1	94 600	89 500	99 700	
Carbón sub-bituminoso	26,2	1	96 100	92 800	100 000	
Lignito	27,6	1	101 000	90 900	115 000	
Esquisto bituminoso y arena impregnada de alquitrán	29,1	1	107 000	90 200	125 000	
Briquetas de carbón de lignito	26,6	1	97 500	87 300	109 000	
Combustible evidente	26,6	1	97 500	87 300	109 000	
Coque	Coque para horno de coque y Coque de lignito	29,2	1	107 000	95 700	119 000
	Coque de gas	29,2	1	107 000	95 700	119 000
Alquitrán de hulla	22,0	1	80 700	68 200	95 300	
Gases derivados	Gas de fábricas de gas	12,1	1	44 400	37 300	54 100
	Gas de horno de coque	12,1	1	44 400	37 300	54 100
	Gas de alto horno <sup>4</sup>	70,8	1	260 000	219 000	308 000
	Gas de horno de oxígeno para aceros <sup>5</sup>	49,6	1	182 000	145 000	202 000

## FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN (CONTINUACION)

Descripción en español del tipo de combustible		Contenido de carbono por defecto (kg/GJ)	Factor de oxidación de carbono por defecto	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> eficaz (kg/TJ) <sup>2</sup>		
				Valor por defecto	Intervalo de confianza del 95%	
		A	B	C=A*B*44/12*1000	Inferior	Superior
Gas natural		15,3	1	56 100	54 300	58 300
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)		25,0	1	91 700	73 300	121 000
Desechos industriales		39,0	1	143 000	110 000	183 000
Óleo de desecho		20,0	1	73 300	72 200	74 400
Turba		28,9	1	106 000	100 000	108 000
Biocombustibles sólidos	Madera/Desechos de madera	30,5	1	112 000	95 000	132 000
	Lejía de sulfito (licor negro) <sup>5</sup>	26,0	1	95 300	80 700	110 000
	Otra biomasa sólida primaria	27,3	1	100 000	84 700	117 000
	Carbón vegetal	30,5	1	112 000	95 000	132 000
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	19,3	1	70 800	59 800	84 300
	Biodiésel	19,3	1	70 800	59 800	84 300
	Otros biocombustibles líquidos	21,7	1	79 600	67 100	95 300
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	14,9	1	54 600	46 200	66 000
	Gas de digestión de lodos cloacales	14,9	1	54 600	46 200	66 000
	Otro biogás	14,9	1	54 600	46 200	66 000
Otros combustibles no fósiles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	27,3	1	100 000	84 700	117 000

Notas:

<sup>1</sup> Límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 por ciento, suponiendo distribuciones lognormales, ajustado a un conjunto de datos, sobre la base de los informes de inventarios nacionales, los datos de la AIE y los datos nacionales disponibles. Se presenta una descripción más detallada en la sección 1.5

<sup>2</sup> TJ = 1000GJ

<sup>3</sup> Los valores del factor de emisión para BFG incluyen el dióxido de carbono contenido originalmente en este gas, así como el creado debido a su quema.

<sup>4</sup> Los valores del factor de emisión para OSF incluyen el dióxido de carbono contenido originalmente en este gas, así como el que se forma como consecuencia de la quema.

<sup>5</sup> Incluye el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde la unidad de combustión de licor negro y el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde el horno de cal de la planta de kraft.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2 capítulo 1, página 1.24, 1.25.

**FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA  
EN LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCION ( $\frac{kg}{TJ}$ )**

Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Petróleo crudo	r73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Orimulsión	r77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas natural licuado	r64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gasolina	Gasolina para motores	r69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para la aviación	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Gasolina para motor a reacción	r70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Queroseno para motor a reacción	r71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro queroseno	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Esquisto bituminoso	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Fuelóleo residual	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Etano	61 600	56 500	68 600	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Nafta	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Lubricantes	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Coque de petróleo	r97 500	82 900	115000	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Alimentación a procesos de refinarias	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0,6	0,2	2	
Otro petróleo	Gas de refinería	n57 600	48 200	69 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Ceras de parafina	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Espiritu blanco y SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros productos del petróleo	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Antracita	98 300	94 600	101000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Carbón de coque	94 600	87 300	101000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Otro carbón bituminoso	94 600	89 500	99 700	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Carbón sub-bituminoso	96 100	92 800	100 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Lignito	101 000	90 900	115 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Esquisto bituminoso y alquitrán	107 000	90 200	125 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Briquetas de carbón de lignito	n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Combustible evidente	97 500	87 300	109 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5	
Coque	Coque para horno de coque y coque de lignito	r107 000	95 700	119 000	10	3	30	r 1,5	0,5	5
	Coque de gas	r107 000	95 700	119 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA  
EN LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCION

( $\frac{\text{kg}}{\text{TJ}}$ )(CONTINUACION)

Combustible	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O			
	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	
Alquitrán de hulla	n80 700	68 200	95 300	n 10	3	30	n 1,5	0,5	5	
Gases derivados	Gas de fábricas de gas	n44 400	37 300	54 100	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de coque	n44 400	37 300	54 100	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de alto horno	n260 000	219 000	308 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de horno de oxígeno para aceros	n182 000	145 000	202 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Gas natural	56 100	54 300	58 300	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3	
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	n 91 700	73 300	121 000	30	10	100	4	1,5	15	
Desechos industriales	n 143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1,5	15	
Óleos de desecho	n 73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1,5	15	
Turba	106 000	100 000	108 000	n 2	0,6	6	n 1,5	0,5	5	
Biocombustibles sólidos	Madera / Desechos de madera	n112 000	95 000	132 000	30	10	100	4	1,5	15
	Lejía de sulfito (licor negro) <sup>(a)</sup>	n95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Otra biomasa sólida primaria	n100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15
	Carbón vegetal	n112 000	95 000	132 000	200	70	600	4	1,5	15
Biocombustibles líquidos	Biogásolina	n70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Biodiésel	n70 800	59 800	84 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
	Otros biocombustibles líquidos	n79 600	67 100	95 300	r 3	1	10	0,6	0,2	2
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gas de digestión de lodos cloacales	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Otro biogás	n54 600	46 200	66 000	r 1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Otros combustibles no fósiles	Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)	n100 000	84 700	117 000	30	10	100	4	1,5	15

<sup>(a)</sup> Incluye el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde la unidad de combustión de licor negro y el CO<sub>2</sub> derivado de la biomasa emitido desde el horno de cal de la planta de kraft.  
n Indica un factor de emisión nuevo que no estaba presente en las *Directrices del IPCC de 1996*.  
r Indica un factor de emisión que se revisó a partir de las *Directrices del IPCC de 1996*.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2 capítulo 2, página 2.19, 2.18.

## FACTORES DE EMISIÓN DE FUENTE INDUSTRIAL

		Factores de emisión <sup>1</sup> (kg/TJ de entrada de energía)	
Tecnología básica	Configuración	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Combustibles líquidos</b>			
Calderas de fuelóleo residual		3	0,3
Calderas de gas/diesel oil		0,2	0,4
Motores grandes estacionarios de diesel oil >600hp (447 kW)		r 4	ND
Calderas de gases licuados de petróleo		n 0,9	n 4
<b>Combustibles sólidos</b>			
Otras calderas bituminosas/sub-bituminosas con cargador mecánico de alimentación superior		1	r 0,7
Otras calderas con cargador mecánico de alimentación inferior		14	r 0,7
Otras con pulverizado bituminoso/sub-bituminoso	Fondo seco, encendido en la pared	0,7	r 0,5
	Fondo seco, encendido tangencial	0,7	r 1,4
	Fondo húmedo	0,9	r 1,4
Otros cargadores mecánicos esparcidos bituminosos		1	r 0,7
Otras calderas con cargador mecánico Cámara de combustión de lecho fluidizado	Lecho de circulación	1	r 61
	Lecho efervescente	1	r 61
<b>Gas natural</b>			
Calderas		r 1	n 1
Turbinas <sup>2</sup> de gas alimentadas a gas >3MW		4	1
Motores alternativos a gas natural <sup>3</sup>	Quemado pobre de 2 tiempos	r 693	ND
	Quemado pobre de 4 tiempos	r 597	ND
	Quemado rico de 4 tiempos	r 110	ND
<b>Biomasa</b>			
Calderas de madera/desechos de madera <sup>4</sup>		n 11	n 7

<sup>2</sup> Se derivó el factor de las unidades que operan a cargas altas (80 por ciento de carga) solamente.

<sup>3</sup> Se utiliza la mayoría de los motores alternativos a gas natural en la industria del gas natural y en las estaciones de compresores de gasoducto y almacenamiento de las plantas de procesamiento del gas.

<sup>4</sup> Los valores se basaban originalmente en el valor calórico bruto; se los convirtió en valor calórico neto suponiendo que éste, para la madera seca, era un 20 por ciento inferior al valor calórico bruto (Forest Product Laboratory, 2004).

ND, datos no disponibles.

n indica un factor de emisión nuevo que no estaba presente en las Directrices del IPCC de 1996.

r indica un factor de emisión que se revisó a partir de las Directrices del IPCC de 1996.

Fuente: US EPA, 2005b salvo indicación en contrario, Los valores se basaban originalmente en el Valor calórico bruto; se los convirtió en valor calórico neto suponiendo que estos valores eran un 5 por ciento menores que los valores calóricos brutos para el carbón y el petróleo y 10 por ciento menores para el gas natural

**FACTORES DE EMISION DE FUENTES DE HORNOS DE ALTA TEMPERATURA, HORNOS Y SECADORES**

Industria	Fuente	Factores de emisión <sup>1</sup> (kg/TJ de entrada de energía)	
		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Cemento, cal	Hornos de alta temperatura – gas natural	1,1	ND
Cemento, cal	Hornos de alta temperatura - petróleo	1,0	ND
Cemento, cal	Hornos de alta temperatura - carbón	1,0	ND
Coque, acero	Horno de coque	1,0	ND
Procesos químicos, madera, asfalto, cobre, fosfato	Secador – gas natural	1,1	ND
Procesos químicos, madera, asfalto, cobre, fosfato	Secador - petróleo	1,0	ND
Procesos químicos, madera, asfalto, cobre, fosfato	Secador - carbón	1,0	ND

<sup>1</sup> Fuente: Radian, 1990. Los valores se basaban originalmente en el valor calórico bruto; se los convirtió en valor calórico neto suponiendo que estos valores eran un 5 por ciento menores que los valores calóricos brutos para el carbón y el petróleo, y 10 por ciento menores para el gas natural. Estos ajustes de porcentajes son las hipótesis de OCDE/AIE sobre la forma de convertir los valores calóricos brutos en netos.  
ND, datos no disponibles.

**DEFAULT CO<sub>2</sub> EMISSION FACTORS FOR U. S. COALS**  
**EMISSION FACTOR RATING: C**

Coal Type	Average %C <sup>b</sup>	Conversion Factor <sup>c</sup>	Emission Factor <sup>d</sup> (lb/ton coal)
Subbituminous	66.3	72.6	4810
High-volatile bituminous	75.9	72.6	5510
Medium-volatile bituminous	83.2	72.6	6040
Low-volatile bituminous	86.1	72.6	6250

<sup>a</sup> This table should be used only when an ultimate analysis is not available. If the ultimate analysis is available, CO<sub>2</sub> emissions should be calculated by multiplying the %carbon (%C) by 72.6. This resultant factor would receive a quality rating of "B".

<sup>b</sup> An average of the values given in References 2,76-77. Each of these references listed average carbon contents for each coal type (dry basis) based on extensive sampling of U.S. coals.

<sup>c</sup> Based on the following equation:

$$\frac{44 \text{ ton CO}_2}{12 \text{ ton C}} \times 0.99 \times 2000 \frac{\text{lb CO}_2}{\text{ton CO}_2} \times \frac{1}{100\%} = 72.6 \frac{\text{lb CO}_2}{\text{ton \%C}}$$

Where:

- 44 = molecular weight of CO<sub>2</sub>,
- 12 = molecular weight of carbon, and
- 0.99 = fraction of fuel oxidized during combustion (Reference 16).

<sup>d</sup> To convert from lb/ton to kg/Mg, multiply by 0.5.

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion, página: 1.1-42.

EMISSION FACTORS FOR CH<sub>4</sub>, TNMOC, AND N<sub>2</sub>O FROM BITUMINOUS AND SUBBITUMINOUS COAL COMBUSTION

Firing Configuration	SCC	CH <sub>4</sub> <sup>b</sup>		TNMOC <sup>b,c</sup>		N <sub>2</sub> O <sup>d</sup>	
		Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING
PC-fired, dry bottom, wall fired	1-01-002-02/22	0.04	B	0.06	B	0.03	B
	1-02-002-02/22						
	1-03-002-06/22						
PC-fired, dry bottom, tangentially fired	1-01-002-12/26	0.04	B	0.06	B	0.08	B
	1-02-002-12/26						
	1-03-002-16/26						
PC-fired, wet bottom	1-01-002-01/21	0.05	B	0.04	B	0.08	E
	1-02-002-01/21						
	1-03-002-05/21						
Cyclone furnace	1-01-002-03/23	0.01	B	0.11	B	0.09 <sup>e</sup>	E
	1-02-002-03/23						
	1-03-002-03/23						
Spreader stoker	1-01-002-04/24	0.06	B	0.05	B	0.04 <sup>f</sup>	D
	1-02-002-04/24						
	1-03-002-09/24						
Spreader stoker, with multiple cyclones, and reinjection	1-01-002-04/24	0.06	B	0.05	B	0.04 <sup>f</sup>	E
	1-02-002-04/24						
	1-03-002-09/24						
Spreader stoker, with multiple cyclones, no reinjection	1-01-002-04/24	0.06	B	0.05	B	0.04 <sup>f</sup>	E
	1-02-002-04/24						
	1-03-002-09/24						

EMISSION FACTORS FOR CH<sub>4</sub>, TNMOC, AND N<sub>2</sub>O FROM BITUMINOUS AND SUBBITUMINOUS COAL COMBUSTION (continuation).

Firing Configuration	SCC	CH <sub>4</sub> <sup>b</sup>		TNMOC <sup>b,c</sup>		N <sub>2</sub> O <sup>d</sup>	
		Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/ton)	EMISSION FACTOR RATING
Overfeed stoker <sup>e</sup>	1-01-002-05/25 1-02-002-05/25 1-03-002-07/25	0.06	B	0.05	B	0.04 <sup>f</sup>	E
Overfeed stoker, with multiple cyclones <sup>e</sup>	1-01-002-05/25 1-02-002-05/25 1-03-002-07/25	0.06	B	0.05	B	0.04 <sup>f</sup>	E
Underfeed stoker	1-02-002-06 1-03-002-08	0.8	B	1.3	B	0.04 <sup>f</sup>	E
Underfeed stoker, with multiple cyclone	1-02-002-06 1-03-002-08	0.8	B	1.3	B	0.04 <sup>f</sup>	E
Hand-fed units	1-03-002-14	5	E	10	E	0.04 <sup>f</sup>	E
FBC, bubbling bed	1-01-002-17 1-02-002-17 1-03-002-17	0.06 <sup>h</sup>	E	0.05 <sup>h</sup>	E	3.5 <sup>h</sup>	B
FBC, circulating bed	1-01-002-18 1-02-002-18 1-03-002-18	0.06	E	0.05	E	3.5	B

<sup>a</sup> Factors represent uncontrolled emissions unless otherwise specified and should be applied to coal feed, as fired. SCC = Source Classification Code. To convert from lb/ton to kg/Mg, multiply by 0.5.

<sup>b</sup> Reference 32. Nominal values achievable under normal operating conditions; values 1 or 2 orders of magnitude higher can occur when combustion is not complete.

<sup>c</sup> TNMOC are expressed as C<sub>2</sub> to C<sub>16</sub> alkane equivalents (Reference 71). Because of limited data, the effects of firing configuration on TNMOC emission factors could not be distinguished. As a result, all data were averaged collectively to develop a single average emission factor for pulverized coal units, cyclones, spreaders, and overfeed stokers.

<sup>d</sup> References 14-15.

<sup>e</sup> No data found; emission factor for pulverized coal-fired dry bottom boilers used.

<sup>f</sup> No data found; emission factor for spreader-stoker boilers used.

<sup>g</sup> Includes traveling grate, vibrating grate, and chain grate stokers.

<sup>h</sup> No data found; emission factor for circulating fluidized bed used.

Fuente: Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.1 Bituminous and Subbituminous Coal Combustion, página: 1.1-40 y 1.1-42.

**DEFAULT CO<sub>2</sub> EMISSION FACTORS FOR LIQUID FUELS EMISSION FACTOR  
RATING: B**

Fuel Type	%C <sup>b</sup>	Density <sup>c</sup> (lb/gal)	Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)
No. 1 (kerosene)	86.25	6.88	21,500
No. 2	87.25	7.05	22,300
Low Sulfur No. 6	87.26	7.88	25,000
High Sulfur No. 6	85.14	7.88	24,400

<sup>a</sup> Based on 99% conversion of fuel carbon content to CO<sub>2</sub>. To convert from lb/gal to gram/cm<sup>3</sup>, multiply by 0.12. To convert from lb/10<sup>3</sup> gal to kg/m<sup>3</sup>, multiply by 0.12.

<sup>b</sup> Based on an average of fuel carbon contents given in references 73-74.

<sup>c</sup> References 73, 75.

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources,  
1.3 Fuel Oil Combustion, página 1.3-24.

**EMISSION FACTORS FOR CRITERIA POLLUTANTS AND GREENHOUSE GASES FROM NATURAL GAS COMBUSTION.**

Pollutant	Emission Factor (lb/10 <sup>6</sup> scf)	Emission Factor Rating
CO <sub>2</sub> <sup>b</sup>	120,000	A
Lead	0.0005	D
N <sub>2</sub> O (Uncontrolled)	2.2	E
N <sub>2</sub> O (Controlled-low-NO <sub>x</sub> burner)	0.64	E
PM (Total) <sup>c</sup>	7.6	D
PM (Condensable) <sup>c</sup>	5.7	D
PM (Filterable) <sup>c</sup>	1.9	B
SO <sub>2</sub> <sup>d</sup>	0.6	A
TOC	11	B
Methane	2.3	B
VOC	5.5	C

<sup>a</sup> Reference 11. Units are in pounds of pollutant per million standard cubic feet of natural gas fired. Data are for all natural gas combustion sources. To convert from lb/10<sup>6</sup> scf to kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, multiply by 16. To convert from lb/10<sup>6</sup> scf to lb/MMBtu, divide by 1,020. The emission factors in this table may be converted to other natural gas heating values by multiplying the given emission factor by the ratio of the specified heating value to this average heating value. TOC = Total Organic Compounds.

VOC = Volatile Organic Compounds.

<sup>b</sup> Based on approximately 100% conversion of fuel carbon to CO<sub>2</sub>.  $CO_2[\text{lb}/10^6 \text{ scf}] = (3.67) (\text{CON}) (\text{C})(\text{D})$ , where CON = fractional conversion of fuel carbon to CO<sub>2</sub>, C = carbon content of fuel by weight (0.76), and D = density of fuel, 4.2x10<sup>4</sup> lb/10<sup>6</sup> scf.

<sup>c</sup> All PM (total, condensable, and filterable) is assumed to be less than 1.0 micrometer in diameter. Therefore, the PM emission factors presented here may be used to estimate PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> or PM<sub>1</sub> emissions. Total PM is the sum of the filterable PM and condensable PM. Condensable PM is the particulate matter collected using EPA Method 202 (or equivalent). Filterable PM is the particulate matter collected on, or prior to, the filter of an EPA Method 5 (or equivalent) sampling train.

<sup>d</sup> Based on 100% conversion of fuel sulfur to SO<sub>2</sub>.

Assumes sulfur content is natural gas of 2,000 grains/10<sup>6</sup> scf. The SO<sub>2</sub> emission factor in this table can be converted to other natural gas sulfur contents by multiplying the SO<sub>2</sub> emission factor by the ratio of the site-specific sulfur content (grains/10<sup>6</sup> scf) to 2,000 grains/10<sup>6</sup> scf.

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.4 Natural Gas Combustion, página: 1.4-6

**EMISSION FACTORS FOR LPG COMBUSTION**  
**EMISSION FACTOR RATING: E**

Pollutant	Butane Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)		Propane Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)	
	Industrial Boilers <sup>b</sup> (SCC 1-02-010-01)	Commercial Boilers <sup>c</sup> (SCC 1-03-010-01)	Industrial Boilers <sup>b</sup> (SCC 1-02-010-02)	Commercial Boilers <sup>c</sup> (SCC 1-03-010-02)
PM, Filterable <sup>d</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2
PM, Condensable	0.6	0.6	0.5	0.5
PM, Total	0.8	0.8	0.7	0.7
SO <sub>2</sub> <sup>e</sup>	0.09S	0.09S	0.10S	0.10S
NO <sub>x</sub> <sup>f</sup>	15	15	13	13
N <sub>2</sub> O <sup>g</sup>	0.9	0.9	0.9	0.9
CO <sub>2</sub> <sup>h,j</sup>	14,300	14,300	12,500	12,500
CO	8.4	8.4	7.5	7.5
TOC	1.1	1.1	1.0	1.0
CH <sub>4</sub> <sup>k</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2

<sup>a</sup> Assumes PM, CO, and TOC emissions are the same, on a heat input basis, as for natural gas combustion. Use heat contents of 91.5 x 10<sup>6</sup> Btu/10<sup>3</sup> gallon for propane, 102 x 10<sup>6</sup> Btu/10<sup>3</sup> gallon for butane, 1020 x 10<sup>6</sup> Btu/10<sup>6</sup> scf for methane when calculating an equivalent heat input basis. For example, the equation for converting from methane's emissions factors to propane's emissions factors is as follows: lb pollutant/10<sup>3</sup> gallons of propane = (lb pollutant /10<sup>6</sup> ft<sup>3</sup> methane) \* (91.5 x 10<sup>6</sup> Btu/10<sup>3</sup> gallons of propane) / (1020 x 10<sup>6</sup> Btu/10<sup>6</sup> scf of methane). The NO<sub>x</sub> emission factors have been multiplied by a correction factor of 1.5, which is the approximate ratio of propane/butane NO<sub>x</sub> emissions to natural gas NO<sub>x</sub> emissions. To convert from lb/10<sup>3</sup> gal to kg/10<sup>3</sup> L, multiply by 0.12. SCC = Source Classification Code.

<sup>b</sup> Heat input capacities generally between 10 and 100 million Btu/hour.

<sup>c</sup> Heat input capacities generally between 0.3 and 10 million Btu/hour.

<sup>d</sup> Filterable particulate matter (PM) is that PM collected on or prior to the filter of an EPA Method 5 (or equivalent) sampling train. For natural gas, a fuel with similar combustion characteristics, all PM is less than 10 μm in aerodynamic equivalent diameter (PM-10).

<sup>e</sup> S equals the sulfur content expressed in gr/100 ft<sup>3</sup> gas vapor. For example, if the butane sulfur content is 0.18 gr/100 ft<sup>3</sup>, the emission factor would be (0.09 x 0.18) = 0.016 lb of SO<sub>2</sub>/10<sup>3</sup> gal butane burned.

<sup>f</sup> Expressed as NO<sub>2</sub>.

<sup>g</sup> Reference 12.

<sup>h</sup> Assuming 99.5% conversion of fuel carbon to CO<sub>2</sub>.

<sup>i</sup> EMISSION FACTOR RATING = C.

<sup>k</sup> Reference 13.

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion, página: 1.5-3

**EMISSION FACTORS FOR TOTAL ORGANIC COMPOUNDS (TOC),  
HYDROGEN CHLORIDE (HCl), AND CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) FROM WASTE  
OIL COMBUSTORS**

Source Category (SCC)	TOC <sup>b</sup>		HCl <sup>b</sup>		CO <sub>2</sub> <sup>c</sup>	
	Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)	EMISSION FACTOR RATING
Small boilers (1-03-013-02)	1.0	D	66Cl <sup>d</sup>	C	22,000	C
Space heaters Vaporizing burner (1-05-001-14, 1-05-002-14)	1.0	D	ND	NA	22,000	D
Atomizing burner (1-05-001-13, 1-05-002-13)	1.0	D	ND	NA	22,000	D

<sup>a</sup> Units are lb of pollutant/10<sup>3</sup> gallons of blended waste oil burned. To convert from lb/10<sup>3</sup> gallons to kg/m<sup>3</sup>, multiply by 0.12. SCC = Source Classification Code. ND = no data. NA = not applicable.

<sup>b</sup> Reference 1.

<sup>c</sup> References 2-4. Ranges from 18,000 to 25,000 lb of CO<sub>2</sub>/10<sup>3</sup>gal, depending on carbon content.

<sup>d</sup> Cl = weight % chlorine in fuel. Multiply numeric value by Cl to obtain emission factor. For example, if chlorine content is 3%, Cl = 3.

Fuente: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources,  
1.11 Waste Oil Combustion página: 1.11-6

**Default Factors for Calculating Carbon Dioxide Emissions from Non-Fossil Fuel  
Combustion**

Fuel Type	Heat Content	Carbon Content (Per Unit Energy)	Fraction Oxidized	CO <sub>2</sub> Emission Factor (Per Unit Energy)	CO <sub>2</sub> Emission Factor (Per Unit Mass or Volume)
Biomass Fuels-Solid		MMBtu/short ton	kg C / MMBtu	kg CO <sub>2</sub> /MMBtu	kg CO <sub>2</sub> /short ton
Wood and Wood Residuals	15.38	25.58	1	93.80	1442.64
Agricultural Byproducts	8.25	32.23	1	118.17	974.90
Peat	8.00	30.50	1	111.84	894.72
Solid Byproducts	25.83	28.78	1	105.51	2725.32
Kraft Black Liquor (NA hardwood)**	11.98	25.75	1	94.41	1131.03
Kraft Black Liquor (NA softwood)**	12.24	25.94	1	95.13	1164.39

Fuel Type /	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
End-Use Sector	(kg/MMBtu)	(kg/MMBtu)
Biomass Fuels Solid		
Industrial	0.032	0.0042
Energy Industry	0.032	0.0042
Residential	0.316	0.0042
Commercial	0.316	0.0042

Para convertir kg/MMBtu a kg/TJ multiplique por 1055

Fuente: Local Government Operations Protocol, version 1.1, May 2010, página  
204 y 205

Methane and Nitrous Oxide Emission Factors for Stationary Combustion for Petroleum Products by Fuel Type and Sector kg/gallon

<b>Fuel Type / End-Use Sector</b>	<b>CH4 (kg/gallon)</b>	<b>N2O (kg/gallon)</b>
<b>Residential</b>		
Distillate Fuel No. 2	0.0015	0.0001
Kerosene	0.0015	0.0001
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	0.0010	0.0001
Motor Gasoline	0.0014	0.0001
Residual Fuel No. 5	0.0015	0.0001
Residual Fuel No 6	0.0017	0.0001
Propane	0.0010	0.0001
Butane	0.0011	0.0001
<b>Commercial/Institutional</b>		
Distillate Fuel No. 2	0.0015	0.0001
Kerosene	0.0015	0.0001
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	0.0010	0.0001
Motor Gasoline	0.0014	0.0001
Residual Fuel No. 5	0.0015	0.0001
Residual Fuel No. 6	0.0017	0.0001
Propane	0.0010	0.0001
Butane	0.0011	0.0001
<b>Industrial</b>		
Distillate Fuel No. 2	0.0004	0.0001
Kerosene	0.0004	0.0001
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	0.0003	0.0001
Motor Gasoline	0.0004	0.0001
Residual Fuel No. 5	0.0004	0.0001
Residual Fuel No. 6	0.0005	0.0001
Propane	0.0003	0.0001
Butane	0.0003	0.0001

Para convertir de galones a metros cúbicos:  $1\text{m}^3 = 264, 2$  gallon

Fuente: Local Government Operations Protocol, version 1.1, May 2010, página 206.

**ANEXO B**  
**DATOS PARA LA ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>,  
CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O EN EL TRANSPORTE TERRESTRE DEL AMB.**

## Especificaciones de los combustibles.

Especificaciones para la gasolina corriente:

<b>Producto : Gasolina Corriente</b>				
<b>Grado</b>	Regular - Índice Octano 81, Sin Plomo (Unleaded)			
<b>Referencia</b>	Resolución 1180 de 21 de Junio de 2006 / NTC 1380 (Norma Técnica Colombiana) / ASTM D 4814			
<b>Actualización</b>	Abril 12 de 2011			
<b>Características</b>	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
<b>Azufre</b>	ppm	ASTM D-4294 ó ASTM D-2622		300
<b>Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C</b>	Clasificación	ASTM D-130		1 ( 1 )
<b>Destilación :</b>	°C	ASTM D-86		
<b>10% volumen evaporado</b>				70
<b>50% volumen evaporado</b>			77	121
<b>90% volumen evaporado</b>				190
<b>Punto Final de Ebullición</b>				225
<b>Estabilidad a la oxidación</b>	minutos	ASTM D-525	240	
<b>Contenido de Gomas</b>	mg/100 mL	ASTM D-381		5
<b>Índice de Cierre de Vapor, ICV</b>	kPa	( 2 )		98
<b>Gravedad API @ 15.6 °C</b>	°API	ASTM D-4052	Reportar	
<b>Índice antidetonante (3)</b>	octanos	ASTM D-2699 y ASTM D-2700 ó IR ( 4 )	81	
<b>RVP (5)</b>	kPa (psia)	ASTM D-4953 ó ASTM D-5191 ó ASTM D-323		55 (8.0)
<b>Plomo</b>	g/L	ASTM D-3237 ó ASTM D-5059		0,013
<b>Benceno</b>	ml/100 mL	ASTM D-5580 ó ASTM D-3606 ó ASTM D-6729		1,0
<b>Aromáticos</b>	mL/100 mL	ASTM D-5580 ó ASTM D-1319 ó Método PIANO (ASTM D-6729)		28
<b>Aditivos dispersantes y detergentes (6)</b>	mg/l			

Fuente: Ecopetrol,

<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=216&conID=37366>

Especificaciones para la gasolina extra:

<b>Producto: Gasolina Extra</b>				
<b>Grado</b>	Regular - Índice Octano 87, Sin Plomo (Unleaded)			
<b>Referencia</b>	Resolución 1180 de 21 de Junio de 2006 / NTC 1380 (Norma Técnica Colombiana) / ASTM D 4814			
<b>Actualización</b>	Abril 12 de 2011			
<b>Características</b>	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
<b>Azufre</b>	ppm	ASTM D-4294 ó ASTM D-2622		300
<b>Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C</b>		ASTM D 130		1 ( 1 )
<b>Destilación :</b>	°C	ASTM D 86		
<b>10% volumen evaporado</b>				70
<b>50% volumen evaporado</b>			77	121
<b>90% volumen evaporado</b>				190
<b>Punto Final de Ebullición</b>				225
<b>Estabilidad a la oxidación</b>	minutos	ASTM D 525	240	
<b>Contenido de Gomas</b>	mg/100 ml	ASTM D 381		5
<b>Índice de Cierre de Vapor, ICV</b>	kPa	( 2 )		98
<b>Índice antidetonante ( 3 )</b>	Adimensional	ASTM D-2699 y ASTM D-2700 ó IR ( 4 )	87	
<b>Presión de Vapor</b>	kPa (psia)	ASTM D-4953 ó ASTM D-5191 ó ASTM D-323		55 (8.0)
<b>Plomo</b>	g/L	ASTM D-3237 ó ASTM D-5059		0,013
<b>Benceno</b>	mL/100 mL	ASTM D-5580 ó ASTM D-3606 ó ASTM D-6729		2
<b>Aromáticos</b>	mL/100 mL	ASTM D-5580 ó ASTM D-1319 ó Método PIANO (ASTM D-6729)		35
<b>Aditivos dispersantes y detergentes ( 6 )</b>				

Fuente: Ecopetrol,  
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=216&conID=37367>

Especificaciones para el diesel corriente:

<b>Producto: Diesel Corriente ( 1 )</b>				
<b>Grado</b>	Combustible automotor e industrial			
<b>Referencia</b>	Resolución 18 2087 de 17 de Diciembre de 2007 / ASTM D-975 / NTC 1438 (Norma Técnica Colombiana) / Ley 1205 de 2008			
<b>Actualización</b>	Abril 12 de 2011			
<b>Características</b>	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
<b>Agua y Sedimento</b>	mL/100 mL	ASTM D-2709 ó ASTM D-1796		0,05
<b>Azufre</b>	ppm	ASTM D-2622 ó ASTM D-4294 ó ASTM D-1266 ó ASTM D-5453		500
<b>Aromáticos</b>	mL/100 mL	ASTM D-1319 ó ASTM D-5186		35
<b>Cenizas</b>	g / 100 g	ASTM D 482		0,01
<b>Color ASTM</b>		ASTM D 1500		3,0
<b>Corrosión al Cobre, 3 h a 50 °C</b>	Clasificación	ASTM D 130		2 (2)
<b>Destilación :</b>	°C	ASTM D 86		
<b>Punto Inicial de Ebullición</b>			Reportar	
<b>Temp. 50% vol. Recobrado</b>			Reportar	
<b>Temp. 95% vol. Recobrado</b>				360
<b>Punto final de Ebullición</b>			390	
<b>Gravedad API</b>	° API	ASTM D-4052 ó ASTM D-1298, ASTM D-287	Reportar	
<b>Índice de Cetano (7)</b>		ASTM D-4737 ó ASTM D-976	45	
<b>Numero de Cetano (9)</b>		ASTM D-613 ó ASTM D-6890	43	
<b>Punto de Fluidez</b>	°C	ASTM D 97 ó ASTM D 5949		3
<b>Punto de Inflamación</b>	°C	ASTM D 93	52	
<b>Residuos Carbón Micro, (10 % fondos)</b>	g / 100 g	ASTM D 4530		0,20
<b>Viscosidad a 40 °C</b>	mm <sup>2</sup> /s	ASTM D 445	1,9	5,0
<b>Lubricidad***</b>	micrómetros	ASTM D 6079		450

Fuente: Ecopetrol,  
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=216&conID=37368>

### Distribución de la temperatura promedio mensual en el Área Metropolitana de Bucaramanga

TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUALES		
Mes	temperatura máxima promedio °C	temperatura mínima promedio °C
Enero	19,3	31
Febrero	20,7	32,1
Marzo	20,5	31,5
Abril	19,7	31,7
Mayo	19,6	31,5
Junio	18,7	30,2
Julio	18,9	28,9
Agosto	19,4	30,1
Septiembre	18,5	29,9
Octubre	18,8	29,3
Noviembre	9,7	28,3
Diciembre	17,8	29

Fuente: Estación de Monitoreo de la CDMB ubicada en la ciudadela real de minas.

## Distribución de la flota vehicular para el AMB

**a. Vehículos de pasajeros:** Esta categoría es clasificada de acuerdo a la cilindrada de los vehículos y al tipo de combustible o motor que usan. En esta categoría encontramos los siguientes vehículos:

- Automóviles
- Camperos
- Camionetas

Vehículos que funcionan con motor a gasolina, menor a 1400 c.c

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con motor menor a 1400 c.c	-1971	PRE ECE	2219	19470
	1972-1977	ECE 15/00-01	3005	19470
	1978-1979	ECE 15/02	2237	19470
	1980-1984	ECE 15/03	4013	19470
	1985-1992	ECE 15/04	5958	19470
	1993-1996	Euro I: 91/441/CEE	6629	19470
	1997-1999	Euro II: 94/12/CE	7548	19470
	2000-2004	Euro III: 98/69/CE S 2000	6770	19470
	2005	Euro IV: 98/69/CE S	19329	19470
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			<b>57708</b>	

Vehículos que funcionan con motor a gasolina, entre 1400 c.c y 2000 c.c

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con motor entre 1400 y 2000 c.c	-1971	PRE ECE	1614	19470
	1972-1977	ECE 15/00-01	2185	19470
	1978-1979	ECE 15/02	1627	19470
	1980-1984	ECE 15/03	2919	19470
	1985-1992	ECE 15/04	4333	19470
	1993-1996	Euro I: 91/441/CEE	4821	19470
	1997-1999	Euro II: 94/12/CE	5489	19470
	2000-2004	Euro III: 98/69/CE S 2000	4923	19470
	2005	Euro IV: 98/69/CE S	14057	19470
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			<b>41968</b>	

Vehículos que funcionan con motor a gasolina, mayor a 2000 c.c

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con motor mayor a 2000 c.c	-1971	PRE ECE	201	19470
	1972-1977	ECE 15/00-01	273	19470
	1978-1979	ECE 15/02	203	19470
	1980-1984	ECE 15/03	364	19470
	1985-1992	ECE 15/04	541	19470
	1993-1996	Euro I: 91/441/CEE	602	19470
	1997-1999	Euro II: 94/12/CE	686	19470
	2000-2004	Euro III: 98/69/CE S 2000	615	19470
	2005	Euro IV: 98/69/CE S	1757	19470
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			5242	

Vehículos que funcionan con motor diesel, menor a 2000 c.c

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con motor menor a 2000 c.c	-1992	CONVENCIONAL	71	19470
	1993-1996	Euro I: 91/441/CEE	30	19470
	1997-1999	Euro II: 94/12/CE	39	19470
	2000-2004	Euro III: 98/69/CE S 2000	29	19470
	2005	Euro IV: 98/69/CE S	86	19470
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			255	

**b. Vehículos de carga livianos:** esta categoría es clasificada de acuerdo a la capacidad de carga del vehículo y al tipo de combustible o motor que usan. En esta categoría encontramos los siguientes vehículos:

- Camionetas
- Camiones pequeños

Vehículos que funcionan con motor a gasolina, con capacidad de carga menor a 3,5 toneladas.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga inferior a 3,5 toneladas	-1992	CONVENCIONAL	21959	37650
	1993-1996	Euro I: 93/59/CEE	5668	37650
	1997-2000	Euro II: 96/69/CEE	3307	37650
	2001-2005	Euro III: 98/69/CE S 2000	4346	37650
	2005 2006	Euro IV: 98/69/CE S	14356	37650
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			49636	

Vehículos que funcionan con motor diesel, con capacidad de carga menor a 3,5 toneladas.

Tipo de vehículo	modelo del vehículo	clasificación según el modelo Copert III	cantidad de vehículos por categoría	distancia promedio recorrida en un año Km / año
vehículos con capacidad de carga inferior a 3,5 toneladas	-1992	CONVENCIONAL	1672	37650
	1993-1996	Euro I: 93/59/CEE	825	37650
	1997-2000	Euro II: 96/69/CEE	476	37650
	2001-2005	Euro III: 98/69/CE S 2000	717	37650
	2005 2006	Euro IV: 98/69/CE S	1802	37650
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			5492	

**c. Vehículos de carga pesados:** esta categoría es clasificada de acuerdo a la capacidad de carga del vehículo y al tipo de combustible o motor que usan. En esta categoría encontramos los siguientes vehículos:

- Camiones
- Volquetas
- Tractocamiones

Vehículos que funcionan con motor a gasolina con capacidad de carga mayor a 3,5 toneladas.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	clasificación según el modelo Copert III	cantidad de vehículos por categoría	distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga superior a 3,5 toneladas	-1991	CONVENCIONAL	21959	58678
Total de vehículos por esta categoría			21959	

Vehículos que funcionan con motor diesel, con capacidad de carga entre 3,5 y 7,5 toneladas.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga entre 3,5 y 7,5 toneladas	-1991	CONVENCIONAL	6082	58678
	1992-1994	Euro I: 91/542/ECC S I	1224	58678
	1995-1999	Euro II: 94/542/ECC S II	457	58678
	2001-2004	Euro III: 2000 standards	451	58678
	2005 2007	Euro IV: 2005standards	2403	58678
Total de vehículos por esta categoría			10617	

Vehículos que funcionan con motor diesel, con capacidad de carga entre 7,5 y 16 toneladas.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga entre 7,5 y 16 toneladas	-1991	CONVENCIONAL	1520	58678
	1992-1994	Euro I: 91/542/ECC S I	306	58678
	1995-1999	Euro II: 94/542/ECC S II	114	58678
	2001-2004	Euro III: 2000 standards	112	58678
	2005 2007	Euro IV: 2005standards	600	58678
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			2652	

Vehículos que funcionan con motor diesel, con capacidad de carga entre 16 y 32 toneladas.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga entre 16 y 32 toneladas	-1991	CONVENCIONAL	1432	58678
	1992-1994	Euro I: 91/542/ECC S I	163	58678
	1995-1999	Euro II: 94/542/ECC S II	47	58678
	2001-2004	Euro III: 2000 standards	6	58678
	2005 2007	Euro IV: 2005standards	208	58678
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			1856	

Vehículos que funcionan con motor diesel, con capacidad de carga mayor a 32 toneladas

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Vehículos con capacidad de carga superior a 16 toneladas	-1991	CONVENCIONAL	2562	58678
	1992-1994	Euro I: 91/542/ECC S I	1537	58678
	1995-1999	Euro II: 94/542/ECC S II	359	58678
	2001-2004	Euro III: 2000 standards	902	58678
	2005 2007	Euro IV: 2005standards	4901	58678
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			10261	

**d. Buses:** esta categoría es clasificada de acuerdo todos los tipos de buses que se encuentran en al AMB y al tipo de combustible o motor que usan. En esta categoría encontramos los siguientes vehículos:

- buses de servicio publico
- buses particulares

Buses que funcionan con motor diesel.

Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
<b>Buses urbanos</b>	-1991	CONVENCIONAL	808	58678
	1992-1994	Euro I: 91/542/ECC S I	259	58678
	1995-1999	Euro II: 94/542/ECC S II	85	58678
	2001-2004	Euro III: 2000 standards	168	58678
	2005 2007	Euro IV: 2005standards	246	58678
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			1566	

**e. Motocicletas:** esta categoría es clasificada de acuerdo todos los tipos de motocicletas que se encuentran en al AMB y al tipo de combustible o motor que usan. En esta categoría encontramos los siguientes vehículos:

- Motos de dos tiempos
- Motos de cuatro tiempos

#### Motocicletas

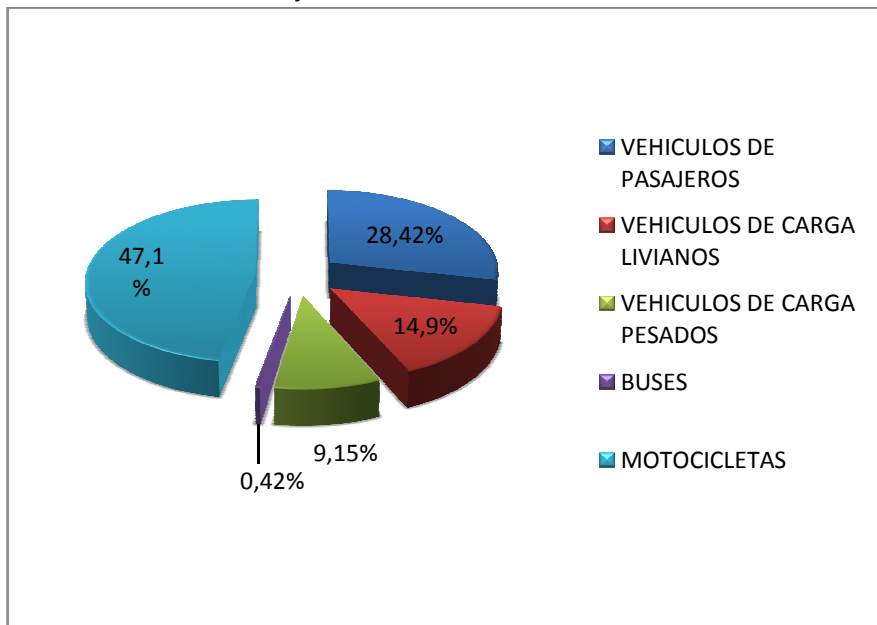
Tipo de vehículo	Modelo del vehículo	Clasificación según el modelo Copert III	Cantidad de vehículos por categoría	Distancia promedio recorrida en un año Km / año
Motocicletas de dos tiempos con motor superior a 50 c.c	-1998	CONVENCIONAL	15160	20000
	1999-	97/24/CEE	37117	20000
Motocicletas de cuatro tiempos con motor inferior a 250 c.c	-1998	CONVENCIONAL	30826	20000
	1999-	97/24/CEE	85469	20000
Motocicletas de cuatro tiempos con motor superior a 250c.c e inferior de 750c.c	-1998	CONVENCIONAL	4042	20000
	1999-	97/24/CEE	9897	20000
Motocicletas de cuatro tiempos con motor superior a 750 c.c	-1998	CONVENCIONAL	505	20000
	1999-	97/24/CEE	1237	20000
<b>Total de vehículos por esta categoría</b>			<b>174278</b>	

Distribución de la flota vehicular del AMB

CATEGORIA	Total
<b>Vehículos de pasajeros</b>	<b>105173</b>
<b>Vehículos de carga livianos</b>	<b>55128</b>
<b>Vehículos de carga pesados</b>	<b>33889</b>
<b>Buses</b>	<b>1566</b>
<b>Motocicletas</b>	<b>174278</b>
<b>TOTAL</b>	<b>370034</b>

Fuente: Direcciones de Transito y Transporte del AMB

Gráfica. Porcentaje en la Distribución de la flota Vehicular



**FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> POR DEFECTO DEL TRANSPORTE  
TERRESTRE Y RANGOS DE INCERTIDUMBRE**

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Por defecto (kg/TJ)</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Gasolina para motores	69 300	67 500	73 000
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600
Queroseno	71 900	70 800	73 700
Lubricantes <sup>b</sup>	73 300	71 900	75 200
Gas natural comprimido	56 100	54 300	58 300
Gas natural licuado	56 100	54 300	58 300

Fuente: Cuadro 1.4 del capítulo Introducción del Volumen Energía.

Notas:

<sup>a</sup> Los valores representan el 100 por ciento de oxidación del contenido de carbono del combustible.

<sup>b</sup> Véase el Recuadro 3.2.4 Lubricantes en la combustión móvil para obtener una orientación acerca de los usos de los lubricantes.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 3 capítulo 3, página 3.16.

## FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DE N<sub>2</sub>O Y CH<sub>4</sub> DEL TRANSPORTE TERRESTRE Y RANGOS DE INCERTIDUMBRE

Tipo de combustible / Categoría representativa de vehículo	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)			N <sub>2</sub> O (kg/TJ)		
	Por defecto	Inferior	Superior	Por defecto	Inferior	Superior
Gasolina para motores – sin controlar <sup>(b)</sup>	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Gasolina para motores – catalizador de oxidación <sup>(c)</sup>	25	7,5	86	8,0	2,6	24
Gasolina para motores – vehículo para servicio ligero con poco kilometraje, modelo 1995 o más nuevo <sup>(d)</sup>	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Gas / Diesel Oil <sup>(e)</sup>	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gas natural <sup>(f)</sup>	92	50	1 540	3	1	77
Gas licuado de petróleo <sup>(g)</sup>	62	na	na	0.2	na	na
Etanol, camiones Estados Unidos <sup>(h)</sup>	260	77	880	41	13	123
Etanol, automóviles, Brasil <sup>(i)</sup>	18	13	84	na	na	na

(a) Con excepción de los automóviles que funcionan con GLP y etanol, los valores por defecto se derivan de las fuentes indicadas con los valores VCN declarados en el capítulo Introducción del volumen Energía, los valores de densidad declarados por la Administración de Información de Energía de Estados Unidos; y los siguientes valores de consumo de combustible supuestos y representativos: 10 km/l para los vehículos con motores para gasolina; 5 km/l para los vehículos diesel; 9 km/l para los vehículos a gas natural (se supone que es equivalente a los vehículos a gasolina); 9 km/l para los vehículos que funcionan con etanol. Si están disponibles los valores reales y representativos de la economía del combustible, se recomienda utilizarlos con los datos de uso total de combustible, para estimar los datos totales de distancias recorridas, que luego deben multiplicarse por los factores de emisión del Nivel 2 para N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>.

(b) El valor por defecto sin controlar de la gasolina para motores se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): sin controlar, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(c) Gasolina para motores: el valor por defecto del catalizador de oxidación de los vehículos ligeros se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): catalizador de oxidación, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(d) Gasolina para motores: el valor por defecto de los vehículos ligeros modelo 1995 o más nuevos se basa en el valor de USEPA (2004b) para un vehículo ligero a gasolina de los Estados Unidos (automóvil): Nivel 1, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Si las motocicletas representan una parte significativa de la población nacional de vehículos, los compiladores del inventario deben ajustar hacia abajo el factor de emisión por defecto dado.

(e) El valor diesel por defecto se basa en el valor de la AEMA (2005a) para un camión pesado diesel europeo, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro.

(f) Los valores por defecto e inferiores del gas natural se basaron en un estudio de TNO (2003), realizado usando vehículos europeos y ciclos de pruebas en los Países Bajos. Hay mucha incertidumbre para el N<sub>2</sub>O. La USEPA (2004b) tiene un valor por defecto de 350 kg CH<sub>4</sub>/TJ y 28 kg N<sub>2</sub>O/TJ para un automóvil de GNC de Estados Unidos, convertido usando los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro. Los límites superior e inferior también fueron tomados de USEPA (2004b)

(g) El valor por defecto para las emisiones de metano del GLP, considerando para un valor de calefacción bajo de 50 MJ/kg y se obtuvo 3,1 g CH<sub>4</sub>/kg GLP de TNO (2003). No se proporcionaron rangos de incertidumbre.

(h) El valor por defecto del etanol se basa en el valor de la USEPA (2004b) para un camión pesado a etanol de Estados Unidos, convertido con los valores y las hipótesis descritos en la nota (a) del cuadro.

(i) Datos obtenidos en vehículos brasileños por Borsari (2005) y CETESB (2004 & 2005). Para los modelos 2003 nuevos, el mejor caso es: 51,3 kg THC/TJ combustible y 26,0 por ciento de CH<sub>4</sub> en THC. Para los vehículos de 5 años de antigüedad: 67 kg THC/TJ combustible y 27,2 por ciento de CH<sub>4</sub> en THC. Para los de 10 años de antigüedad: 308 kg THC/TJ combustible y 27,2 por ciento de CH<sub>4</sub> en THC.

Fuente: Fuentes: USEPA (2004b), AEMA (2005a), TNO (2003) y Borsari (2005) CETESB (2004 & 2005) con las hipótesis que se presentan a continuación Se derivaron los rangos de incertidumbre de los datos incluidos en Lipman y Delucchi (2002), con excepción del etanol en los automóviles.

**FACTORES DE EMISIÓN DE N<sub>2</sub>O Y CH<sub>4</sub> PARA LOS VEHÍCULOS DIESEL Y A GASOLINA DE LOS ESTADOS UNIDOS**

Tipo de vehículo	Tecnología de control de emisiones	N <sub>2</sub> O		CH <sub>4</sub>	
		En marcha (caliente)	Arranque en frío	En marcha (caliente)	Arranque en frío
		mg/km	mg/arranque	mg/km	mg/arranque
Vehículo ligero a gasolina (automóvil)	Vehículo de bajas emisiones (LEV, del inglés, <i>Low Emission Vehicle</i> )	0	90	6	32
	Catalizador tridireccional avanzado	9	113	7	55
	Catalizador tridireccional inicial	26	92	39	34
	Catalizador de oxidación	20	72	82	9
	Catalizador de no oxidación	8	28	96	59
	Sin controlar	8	28	101	62
Vehículo ligero diesel (automóvil)	Avanzada	1	0	1	-3
	Moderada	1	0	1	-3
	Sin controlar	1	-1	1	-3
Camión ligero a gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	59	7	46
	Catalizador tridireccional avanzado	25	200	14	82
	Catalizador tridireccional inicial	43	153	39	72
	Catalizador de oxidación	26	93	81	99
	Catalizador de no oxidación	9	32	109	67
	Sin controlar	9	32	116	71

**FACTORES DE EMISIÓN DE N<sub>2</sub>O Y CH<sub>4</sub> PARA LOS VEHÍCULOS DIESEL Y A GASOLINA DE LOS ESTADOS UNIDOS (CONTINUACIÓN)**

Camión ligero diesel	Avanzada y moderada	1	-1	1	-4
	Sin controlar	1	-1	1	-4
Vehículo pesado a gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	120	14	94
	Catalizador tridireccional avanzado	52	409	15	163
	Catalizador tridireccional inicial	88	313	121	183
	Catalizador de oxidación	55	194	111	215
	Catalizador de no oxidación	20	70	239	147
	Vehículo pesado a gasolina – sin controlar	21	74	263	162
Vehículo pesado diesel	Todos: avanzado, moderado o sin controlar	3	-2	4	-11
Motocicletas	Catalizador de no oxidación	3	12	40	24
	Sin controlar	4	15	53	33

Fuente: USEPA (2004b).

**Notas:**

<sup>a</sup> Se han redondeado estos datos para obtener números enteros.

<sup>b</sup> Los factores de emisión negativos indican que un vehículo que arranca en frío produce menos emisiones que uno que arranca en caliente o caliente en marcha.

<sup>c</sup> Una base de datos de factores de emisión que dependen de la tecnología basada en datos europeos se encuentra disponible en la herramienta COPERT en <http://vergina.eng.auth.gr/mech0/lat/copert/copert.htm>.

<sup>d</sup> Debido a los límites de hidrocarburo total de Europa, las emisiones de CH<sub>4</sub> de los vehículos europeos pueden ser inferiores a los valores indicados de los Estados Unidos (Heeb, et. al., 2003)

<sup>e</sup> Se midieron estos «arranques en frío» a una temperatura ambiente de 20 °C a 30°C.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 3 capítulo 3, página 3.22.

**FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS VEHÍCULOS DIESEL Y A GASOLINA EUROPEOS (mg/km), MODELO COPERT IV**

Tipo de vehículo	Combustible	Tecnología de vehículo/ Clase	Factores de emisión de N <sub>2</sub> O (mg/km)				Factores de emisión de CH <sub>4</sub> (mg/km)			
			Urbano		Rural	Autopista	Urbano		Rural	Autopista
			Frío	Caliente			Frío	Caliente		
Automóvil para pasajeros	Gasolina	pre-Euro	10	10	6,5	6,5	201	131	86	41
		Euro 1	38	22	17	8,0	45	26	16	14
		Euro 2	24	11	4,5	2,5	94	17	13	11
		Euro 3	12	3	2,0	1,5	83	3	2	4
	Diesel	pre-Euro	0	0	0	0	22	28	12	8
		Euro 1	0	2	4	4	18	11	9	3
		Euro 2	3	4	6	6	6	7	3	2
		Euro 3	15	9	4	4	7	3	0	0
	GPL	pre-ECE	0	0	0	0	80	35	25	
		Euro 1	38	21	13	8				
		Euro 2	23	13	3	2				
		Euro 3 y posterior	9	5	2	1				
	Vehículos para servicio ligero	Gasolina	pre-Euro	10	10	6,5	6,5	201	131	86
Euro 1			122	52	52	52	45	26	16	14
Euro 2			62	22	22	22	94	17	13	11
Euro 3			36	5	5	5	83	3	2	4
Diesel		pre-Euro	0	0	0	0	22	28	12	8
		Euro 1	0	2	4	4	18	11	9	3
		Euro 2	3	4	6	6	6	7	3	2
		Euro 3	15	9	4	4	7	3	0	0
		Euro 4	15	9	4	4	0	0	0	0
		Euro 4	15	9	4	4	0	0	0	0
Camión pesado y autobús	Gasolina	Todas las tecnologías	6		6	6	140		110	70
	Diesel	GVW<16t	30		30	30	85		23	20
		GVW>16t	30		30	30	175		80	70
	GNC	Autobuses urbanos y autocares	30		30	30	175		80	70
		pre-Euro 4	n.a.				5400			
Euro 4 y posterior (incl. EEV)	n.a.				900					
Bicicleta con motor	Gasolina	<50 cm <sup>3</sup>	1		1	1	219		219	219
		>50 cm <sup>3</sup> 2 tiempos	2		2	2	150		150	150
		>50 cm <sup>3</sup> 4 tiempos	2		2	2	200		200	200

## FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS VEHÍCULOS DIESEL Y A GASOLINA EUROPEOS (mg/km), MODELO COPERT IV (CONTINUACION)

Notas:

<sup>1</sup> Comunicación personal: Ntziachristos, L., y Samaras, Z., (2005), LAT (2005) y TNO (2002).

<sup>2</sup> El factor de emisiones urbanas se divide en frías y calientes para los automóviles de pasajeros y los camiones ligeros. El factor de emisiones frías es pertinente para los viajes que comienzan con el motor a temperatura ambiente. Una asignación típica del kilometraje anual de un automóvil para pasajeros en las distintas condiciones de conducción podría ser: 0,3/0,1/0,3/0,3 para fría urbana, caliente urbana, rural y autopista, respectivamente.

<sup>3</sup> También se proponen factores de emisión para los automóviles de pasajeros para vehículos ligeros en los casos en los que no existe más información detallada.

<sup>4</sup> El contenido de azufre de la gasolina tiene un efecto acumulativo y uno inmediato sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O. Los factores de emisión para los automóviles a gasolina para pasajeros corresponden a los combustibles en el periodo de registro de las diferentes tecnologías y a una flota de vehículos de ~50 000 km de kilometraje promedio.

<sup>5</sup> También se espera que los factores de emisión de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> para los vehículos pesados y las bicicletas con motor dependan de la tecnología del vehículo. No obstante, no existe información experimental adecuada para cuantificar este efecto.

<sup>6</sup> Los factores de emisión de N<sub>2</sub>O de los automóviles para pasajeros diesel y GLP son propuestos por TNO (2002). El incremento en las emisiones diesel de N<sub>2</sub>O con el mejoramiento de la tecnología puede ser bastante incierto pero también es coherente con los avances en los sistemas de tratamiento posterior usados en los motores diesel (catalizadores nuevos, SCR-DeNO<sub>x</sub>).

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 3 capítulo 3, página 3.24.

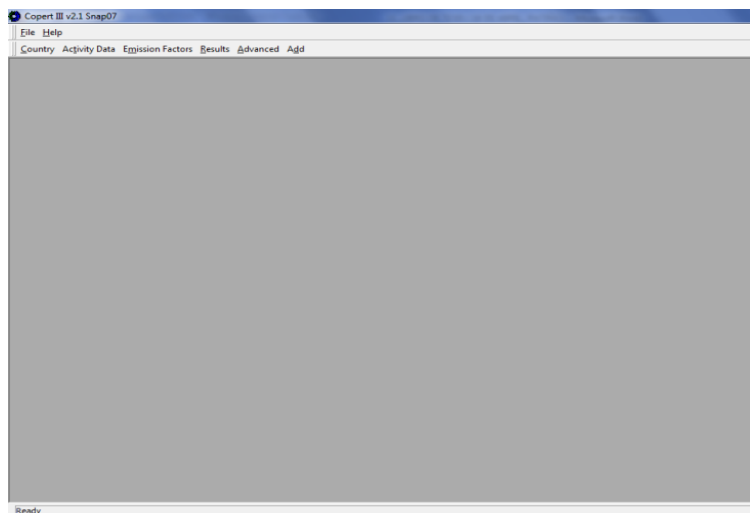
**ANEXO C.  
MANUAL DEL USUARIO COPERT III.**

### Interface modelo COPERT III:

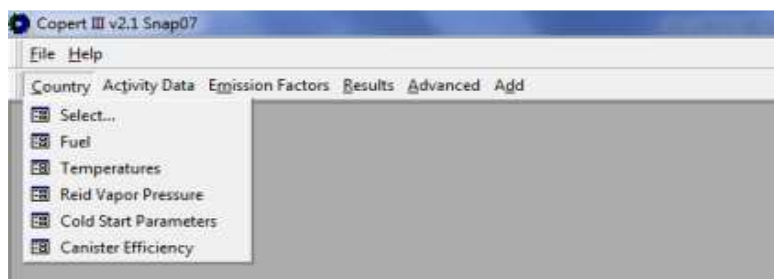
El programa consta de 6 pestañas que nos permiten acceder a cada uno de los campos de manejo y suministro de la información:

- a. Country.
- b. Activity Data.
- c. Emission Factors.
- d. Results.
- e. Advanced.
- f. Add.

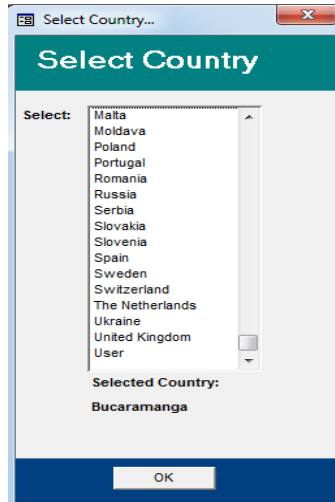
Estos dos últimos no se tienen en cuenta ya que representan parámetros que no son tema del estudio, como son: nuevas tecnologías, nuevos subsectores, la reducción en el porcentaje de monóxido de carbono entre otras.



- a. Pestaña Country: en esta pestaña encontramos: **Select Country, Fuel Data, Monthly Temperatures, Fuel Reid Vapor Pressure, Cold start parameters, Monthly Canister Efficiency [%]**



- **Select Country:** Seleccionar o crear la localidad. En este caso se crea la localidad: Bucaramanga.



- **Fuel Data:** Datos relacionados con el combustible (tipo de combustible, consumo de combustible y características del combustible). El tipo y consumo de combustible es suministrado por los distribuidores mayoristas (Ecopetrol y Terpel chimita) y las características obtenidas de la página de internet de Ecopetrol (<http://www.ecopetrol.com.co/>)

**Annual Fuel Consumption:**

Fuel	Annual Consumption [t]
Gasoline Leaded	0
Gasoline Unleaded	137.185
Diesel	279.183
LPG	0

**Fuel Use:**

Is all gasoline consumed unleaded?  Yes  No

Should unleaded gasoline be allocated to pre-catalyst vehicles?  Yes  No

**Fuel Specifications:**

Fuel	Sulphur Content (%wt)	Lead Content (g/l)	H:C Ratio (-)	Cadmium Content (mg/kg)	Copper Content (mg/kg)	Chromium Content (mg/kg)	Nickel Content (mg/kg)	Selenium Content (mg/kg)	Zinc Content (mg/kg)
Gasoline Leaded	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gasoline Unleaded	0,03	0	1,8	0,01	1,7	0,05	0,07	0,01	1
Diesel	0,05	0	2	0,01	1,7	0,05	0,07	0,01	1
LPG	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Buttons: Advanced... OK

- **Monthly Temperatures:** Características meteorológicas de la localidad. Se debe ingresar las temperaturas máximas y mínimas promedio correspondientes a cada uno de los meses del año, estos datos son suministrados por la CDMB ya que cuentan con estaciones de monitoreo continuo ubicadas en zonas estratégicas del AMB.

Month	Copert II Values		User Values	
	Minimum Temperature (°C)	Maximum Temperature (°C)	Minimum Temperature (°C)	Maximum Temperature (°C)
January	0,0	0,0	19,3	31,0
February	0,0	0,0	20,7	32,1
March	0,0	0,0	20,5	31,5
April	0,0	0,0	19,7	31,7
May	0,0	0,0	19,6	31,5
June	0,0	0,0	18,7	30,2
July	0,0	0,0	18,9	28,9
August	0,0	0,0	19,4	30,1
September	0,0	0,0	18,5	29,9
October	0,0	0,0	18,8	29,3
November	0,0	0,0	9,7	28,3
December	0,0	0,0	17,8	29,0

- **Fuel Reid Vapour Pressure:** Presión de vapor REID (Es una medida de la tendencia de los componentes más volátiles a evaporarse): se obtenido de las tablas de caracterización de los combustibles de Ecopetrol ANEXO B.

Month	Copert II Values	User Values
	Fuel RVP (kPa)	Fuel RVP (kPa)
January	0,0	55,0
February	0,0	55,0
March	0,0	55,0
April	0,0	55,0
May	0,0	55,0
June	0,0	55,0
July	0,0	55,0
August	0,0	55,0
September	0,0	55,0
October	0,0	55,0
November	0,0	55,0
December	0,0	55,0

- **Cold start parameters:** Parámetros de arranque en frio. Se selecciona la distancia media de viaje en frio al día (Itrip) planteada en el programa, esta se calcula con un motor que arranca a temperatura ambiente (arranque en frio) y equivale a la distancia que recorre un carro hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento óptima. El valor estimado de Beta (Estimated Beta Value) corresponde a fracción o porcentaje de recorrido del vehículo en frio y es calculado por el programa. Beta varía de acuerdo a la

temperatura ambiente promedio mensual ingresada y se calcula para cada uno de los meses del año.

**Cold Start Parameters**

Select value for the average trip length (Itrip):

Copert II Value: 12,0  Copert

User Value: 12,0  User

Month	Estimated Beta Value	User Beta Value
January	0,213	0,000
February	0,207	0,000
March	0,209	0,000
April	0,210	0,000
May	0,211	0,000
June	0,217	0,000
July	0,220	0,000
August	0,215	0,000
September	0,218	0,000
October	0,219	0,000
November	0,219	0,000
December	0,222	0,000

Copert User

Change Temperatures Recalculate Beta OK

Las estadísticas recogidas de varios proyectos han demostrado que la distancia Itrip promedio es de 12 Km, como no se tiene la distancia Itrip para el AMB se toma este valor.

- **Monthly Canister Efficiency [%]:** Eficiencia mensual del filtro. Este parámetro corresponde a la eficiencia del control de emisiones evaporativas de hidrocarburos, principalmente compuestos orgánicos volátiles (COV) y depende directamente del tipo de vehículo y la temperatura ambiente.

**Monthly Canister Efficiency [%]**

Month	Default Values		User Values	
	Prior to 2000	Post 2000	Prior to 2000	Post 2000
January	92,0	92,0	92,0	92,0
February	92,0	92,0	92,0	92,0
March	92,0	92,0	92,0	92,0
April	92,0	92,0	92,0	92,0
May	92,0	92,0	92,0	92,0
June	92,0	92,0	92,0	92,0
July	92,0	92,0	92,0	92,0
August	92,0	92,0	92,0	92,0
September	92,0	92,0	92,0	92,0
October	92,0	92,0	92,0	92,0
November	92,0	92,0	92,0	92,0
December	92,0	92,0	92,0	92,0

Copert User OK

Se estima que la eficiencia de estos dispositivos es aproximadamente un 92%. Para este estudio el software toma este valor ya que se considera que las temperaturas promedio mensuales se mantienen relativamente constantes.

b. **Pestaña Activity Data:** Se determina los datos de actividad de la flota vehicular: **Fleet Data, Circulation Data, Evaporation Share, Reports.**

- **Fleet Data:** Hace referencia a la Información de la flota. En este campo podemos caracterizar la flota de acuerdo a la categoría (Carros de pasajero, Vehículos ligeros, vehículos pesados, buses y motos) y en cada categoría encontrar subsectores; en cada uno de estos incluir el número de vehículos, kilometraje recorrido por año (Km/año), vehículos equipados con fuel injection y control de evaporación.

Subsector	Legislation Standard	Population	Annual Mileage (km)	Fuel Injection (%)	Evaporation Control (%)
▶ Gasoline <1,4 l	PRE ECE	2219	19470	1	0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	3005	19470	1	0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	2237	19470	1	0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	4013	19470	1	0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	5958	19470	1	0
Gasoline <1,4 l	Improved Conventional	0	0	0	0
Gasoline <1,4 l	Open Loop	0	0	0	0
Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	6629	19470	100	100
Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	7548	19470	100	100
Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	6770	19470	100	100
Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	19329	19470	100	100
Gasoline <1,4 l	Euro V (post 2005)	0	0	0	0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	1614	19470	1	0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	2185	19470	1	0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	1627	19470	1	0

- **Circulation Data:** Los datos de circulación se asignan a cada categoría de vehículos, de acuerdo con dos parámetros principales:
  - Velocidad promedio en Km/h de cada categoría de vehículos, teniendo en cuenta el tipo de vía donde se movilice (urbana, rural, autopista). Y corresponde a 20 Km/h en vía urbana y 50 Km/h en carretera.
  - Clasificación porcentual de las vías: en el AMB el 82% de las vías corresponde a zona urbana y el 18% a autopistas.

Input Data Section: Circulation Data

Select Vehicle Category: Passenger Cars

Subsector	Technology	Speed (km/h)			Driving Share		
		Urban	Rural	Highway	Urban	Rural	Highway
Gasoline <1,4 l	PRE ECE	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	Improved Conventional	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasoline <1,4 l	Open Loop	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline <1,4 l	Euro V (post 2005)	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	20,0	0,0	50,0	82,0	0,0	18,0

Record: 1 of 53

Surrogate modifications on: Urban Rural High. Urban Rural High.

Export to Excel 97 OK

- **Evaporation Share:** Hace referencia a las evaporaciones que se producen en zonas urbanas, rurales y autopistas.

Input Data Section: Evaporation Share

Select Vehicle Category: Passenger Cars

Subsector	Legislation Standard	Urban [%]	Rural [%]	Highway [%]
Gasoline <1,4 l	PRE ECE	90	0	10
Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	90	0	10
Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	90	0	10
Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	90	0	10
Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	90	0	10
Gasoline <1,4 l	Improved Conventional	0	0	0
Gasoline <1,4 l	Open Loop	0	0	0
Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	90	0	10
Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	90	0	10
Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	90	0	10
Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	90	0	10
Gasoline <1,4 l	Euro V (post 2005)	90	0	10
Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	90	0	10
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	90	0	10
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	90	0	10
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	90	0	10
Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	90	0	10

Record: 1 of 34

Surrogate Modifications on: Urban Rural Highway OK

- **Reports:** El programa hace una síntesis de los datos suministrados al programa (Datos de flota vehicular, Distribución del kilometraje, velocidad vehicular, entre otras).

Copert III v2.1 Snap07 - [Fleet Data]

File Help

Country Activity Data Emission Factors Results Advanced Add

Fleet Data

	Number of Vehicles	Annual Distance (km)	Year	Number of Vehicles with engine type	Number of Vehicles with engine type (%)
<b>Passenger Cars</b>	<b>105,172</b>				
<b>Subtotal</b>	<b>97,762</b>				
PKG C23	2,224	18,475	1	0	
PKG C24	3,708	18,475	1	0	
PKG C25	2,077	18,475	1	0	
PKG C26	4,123	18,475	1	0	
PKG C27	3,489	18,475	1	0	
Sub 1 - 1000CC	8,028	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC	3,489	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC-Super100	4,539	18,475	100	100	
<b>Subtotal</b>	<b>47,995</b>				
PKG C28	1,874	18,475	1	0	
PKG C29	3,288	18,475	1	0	
PKG C30	1,007	18,475	1	0	
PKG C31	2,183	18,475	1	0	
PKG C32	4,078	18,475	1	0	
Sub 1 - 1000CC	4,421	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC	3,489	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC-Super100	4,123	18,475	100	100	
<b>Subtotal</b>	<b>16,869</b>				
PKG C33	3,345	18,475	1	0	
PKG C34	251	18,475	1	0	
PKG C35	2,723	18,475	1	0	
PKG C36	328	18,475	1	0	
PKG C37	284	18,475	1	0	
PKG C38	284	18,475	1	0	
Sub 1 - 1000CC	852	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC	888	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC-Super100	819	18,475	100	100	
Sub 1 - 1000CC-Super100	1,027	18,475	100	100	
<b>Subtotal</b>	<b>329</b>				
Sub 1 - 1000CC	32	18,475	2	0	
Sub 1 - 1000CC	32	18,475	2	0	
Sub 1 - 1000CC-Super100	32	18,475	2	0	
Sub 1 - 1000CC-Super100	32	18,475	2	0	
Conversion	71	18,475	0	0	
<b>Light Duty Vehicles</b>	<b>55,120</b>				
<b>Subtotal</b>	<b>49,588</b>				
Conversion	21,880	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC	3,889	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC	3,237	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC-Super100	4,348	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC-Super100	14,285	21,880	2	0	
<b>Subtotal</b>	<b>3,402</b>				
Conversion	1,673	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC	328	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC	475	21,880	2	0	
Sub 1 - 1000CC-Super100	717	21,880	2	0	

Page: 1/1

Ready

- c. **Pestaña Emission Factors:** Encontramos 2 campos principales para la determinación de los factores de emisión. En este caso nos basaremos en el campo **Hot Stabilised** para la determinación de los factores de emisión para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de operación en caliente del vehículo, el otro campo **cold excess** (Factores de emisión con arranque en frio) no será empleado para este calculo, ya que calcula los factores de emisión de parámetros de arranque en frio para otro tipo de gases que no son de interés en este proyecto
- **Hot Stabilised:** Muestra los Factores de emisión urbanos y de carretera de trabajo en caliente del CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Los factores de emisión corresponden a emisiones de los vehículos cuando el motor y los componentes del escape han llegado a su temperatura de operación nominal, basados en los datos de entrada y las condiciones de operación de cada categoría vehicular. Los valores de los factores de emisión están dados en unidades de gramos/Kilómetros recorridos [gr/Km] y son determinados para cada categoría de vehículos que circulan en cada uno de los tipos de vías donde se movilizan (urbanas, rurales, autopistas).

Emission Factors Section: Hot Emission Factors

Pollutant: CH4

Sector	Subsector	Technology	Emission Factors [g/km]					
			Urban	Keep	Rural	Keep	Highway	Keep
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	PRE ECE	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	0.06			0.00		0.03
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	0.01			0.00		0.01
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0.01			0.00		0.00
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0.00			0.00		0.00
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	0.06			0.00		0.03
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro II - 94/12/EC	0.01			0.00		0.01
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	0.01			0.00		0.00
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	0.00			0.00		0.00
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	PRE ECE	0.17			0.00		0.06
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/00-01	0.17			0.00		0.06

Export to Excel 97

Recalculate... OK

Record: 14 of 70

Los factores de emisión para el CO<sub>2</sub> son predeterminados por el modelo, y son basados en el consumo y tipo de combustible, y no en los parámetros de entrada de las condiciones ambientales ni de las condiciones de funcionamiento de la flota vehicular.

**d. Pestaña results:** existen 7 campos en los cuales se puede verificar diferentes resultados; de los cuales limitaremos el uso de ellos a un campo principal que es el campo **TOTAL**.

- Campo **TOTAL:** En este campo se entrega los resultados totales de las emisiones para cada uno de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O los cuales serán estimados en toneladas de contaminantes por año ton/año. Los resultados son entregados para cada categoría de vehículos que circulan en cada uno de los tipos de vías donde se movilizan (urbanas, rurales, autopistas) para cada uno de los contaminantes estimados.

Results Section: Total Emissions

Pollutant: CO2

Sector	Subsector	Technology	Total (t)			
			Urban	Rural	Highway	Total
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	PRE ECE	3145,6	0,0	389,7	3535,3
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	3874,3	0,0	447,7	4322,0
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/02	2636,9	0,0	304,7	2941,6
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/03	4730,5	0,0	546,6	5277,1
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/04	5415,4	0,0	831,5	6246,9
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	5807,6	0,0	756,8	6564,5
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	6612,8	0,0	861,7	7474,5
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage2000	5931,2	0,0	772,9	6704,1
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage2005	16934,0	0,0	2206,8	19140,8
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	2741,8	0,0	330,8	3072,6
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	3417,7	0,0	373,8	3791,5
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	2366,6	0,0	242,3	2608,9
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	4245,9	0,0	434,8	4680,6
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	5093,7	0,0	711,8	5805,5
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	5687,0	0,0	687,3	6374,3

Reports for current Pollutant only:

Export to Excel 97    Recalculate all...    OK

Multiple Reports    Emission Source Oriented    Driving Mode Oriented

El programa permite generar reporte de los resultados de las emisiones, por medio de una impresora digital de PDF o exportando los resultados a una plantilla de Excel para cada categoría de vehículos y para cada gas evaluado. Se puede tener resultados de las emisiones de acuerdo a parámetros de funcionamiento del vehículo (trabajo en caliente, arranque en frío) y tipo de vía donde se movilizan los vehículos (urbana, rural, autopista).

**ANEXO D.**  
**ESTIMACION DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES CON LA  
METODOLOGIA DEL IPCC Y COMPARACION DE RESULTADOS DE LAS  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O DEL AMB CON LA CIUDAD DE BOGOTA.**

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O EN FUENTES MÓVILES POR METODOLOGIA DEL IPCC

- EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN FUENTES MÓVILES EVALUADAS CON FACTORES DE EMISION POR COMBUSTIBLE.

### Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Tipo de Combustible	Consumo Anual Ton / Año	Factor de Emisión Kg / TJ	Poder calorífico TJ/ Kg
Gasolina	137185	69300	4,43E-05
Diesel	279183	74100	4,30E-05

### Resultado de las emisiones de CO<sub>2</sub> en fuentes móviles

Tipo de Combustible	Emisiones de CO <sub>2</sub> Ton / Año
Gasolina	421156,58
Diesel	889560,79
<b>EMISIONES TOTALES DE CO<sub>2</sub> Ton / Año</b>	<b>1310717,37</b>

- EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O EN FUENTES MOVILES EVALUADAS CON FACTORES DE EMISION PARA VEHICULOS DE ESTADOS UNIDOS.

Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en fuentes móviles.

Tipo vehículo	combustible	numero de vehículos	Factor de emisión N <sub>2</sub> O de acuerdo al tipo de funcionamiento (mg/Km)		Factor de emisión CH <sub>4</sub> de acuerdo al tipo de funcionamiento (mg/Km)		Distancia Recorrida en caliente Km/Año	Distancia Recorrida en Frio Km/Año
			Marcha en Caliente	Arranque en Frio	Marcha en Caliente	Arranque en Frio		
Vehículos de pasajeros	gasolina	104918	8	28	101	62	21657	4380
	Diesel	255	1	1	1	-3	21657	4380
Vehículos de Carga livianos	gasolina	49636	9	32	116	71	33270	4380
	Diesel	5492	1	-1	1	-4	33270	4380
Vehículos de Carga Pesados	gasolina	21959	21	74	263	162	54298	4380
	Diesel	11930	3	-2	4	-11	54298	4380
Buses	Diesel	1566	3	-2	4	-11	54298	4380
Motocicletas	gasolina	174278	4	15	53	33	15620	4380

**Resultado de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en fuentes móviles.**

Tipo vehículo	combustible	Emisiones de N <sub>2</sub> O Ton/Año		Emisiones de CH <sub>4</sub> Ton/Año	
		Marcha en Caliente	Arranque en Frio	Marcha en Caliente	Arranque en Frio
Vehículos de pasajeros	gasolina	12,67	2,32	159,90	28,49
	Diesel	0,004	0,0002	0,004	-0,003
Vehículos de Carga livianos	gasolina	14,86	1,25	191,56	15,44
	Diesel	0,18	0,00	0,18	-0,10
Vehículos de Carga Pesados	gasolina	25,04	1,28	313,58	15,58
	Diesel	1,94	-0,02	2,59	-0,57
Buses	Diesel	1,94	-0,01	0,34	-0,08
Motocicletas	gasolina	10,89	9,39	144,28	25,19
<b>EMISIONES TOTALES POR TIPO DE FUNCIONAMIENTO Ton/Año</b>		<b>67,53</b>	<b>14,20</b>	<b>812,44</b>	<b>83,95</b>
<b>EMISIONES TOTALES PARA CADA GAS Ton/Año</b>		<b>81,734</b>		<b>896,393</b>	

- EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O EN FUENTES MOVILES EVALUADAS CON FACTORES DE EMISION PARA VEHICULOS EUROPEOS.

**Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en vehículos de pasajeros.**

Tipo vehículo	combustible	clasificación	Número de vehículos	Factor de emisión N <sub>2</sub> O de acuerdo al tipo de vía y funcionamiento (mg/Km)			Factor de emisión CH <sub>4</sub> de acuerdo al tipo de vía y funcionamiento (mg/Km)			Distancia Recorrida en Caliente Km/Año	Distancia Recorrida en Frio Km/Año
				Urbana		Autopista	Urbana		Autopista		
				Marcha en frio	Marcha en caliente		frio	caliente			
Vehículos de pasajeros	gasolina	pre euro	31692	10	10	65	201	131	41	21657	4380
		euro I	12052	38	22	8	45	26	14	21657	4380
		euro II	13723	24	11	2,5	94	17	11	21657	4380
		euro III	12308	12	3	1,5	83	3	4	21657	4380
		euro IV	35143	6	2	0,7	57	2	0	21657	4380
	diesel	pre euro	71	0	0	0	22	28	8	21657	4380
		euro I	30	0	2	4	18	11	3	21657	4380
		euro II	39	3	4	6	6	7	2	21657	4380
		euro III	29	15	9	4	7	3	0	21657	4380
		euro IV	86	15	9	4	0	0	0	21657	4380

**Resultado de las emisiones de CH4 y N2O en vehículos de pasajeros.**

Tipo vehículo	combustible	emisiones de N2O Ton/Año			emisiones de CH4 Ton/Año		
		Urbana		Autopista	Urbana		Autopista
		Marcha en frio	Marcha en caliente		Marcha en frio	Marcha en caliente	
Vehículos de pasajeros	gasolina	1,39	3,92	5,60	27,90	51,37	3,53
		2,01	3,28	0,26	2,38	3,88	0,46
		1,44	1,87	0,09	5,65	2,89	0,41
		0,65	0,46	0,05	4,47	0,46	0,13
		0,92	0,87	0,07	8,77	0,87	0,0000
	diesel	0,00	0,000	0,0000	0,01	0,025	0,0015
		0,00	0,001	0,0003	0,00	0,0041	0,0002
		0,00	0,002	0,0006	0,00	0,0034	0,0002
		0,00	0,003	0,0003	0,00	0,0011	0,0000
		0,01	0,010	0,0009	0,00	0,0000	0,0000
<b>EMISIONES TOTALES POR TIPO DE FUNCIONAMIENTO Ton/Año</b>		<b>6,42</b>	<b>10,41</b>	<b>6,07</b>	<b>49,19</b>	<b>59,495</b>	<b>4,53</b>
<b>EMISIONES TOTALES PARA CADA GAS Ton/Año</b>		<b>22,90</b>			<b>113,21</b>		

Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en vehículos de carga livianos.

Tipo vehículo	combustible	clasificación	numero de vehículos	Factor de emisión N <sub>2</sub> O de acuerdo al tipo de vía y funcionamiento (mg/Km)			Factor de emisión CH <sub>4</sub> de acuerdo al tipo de vía y funcionamiento (mg/Km)			Distancia Recorrida Km/Año	Distancia Recorrida Km/Año
				Urbana		Autopista	Urbana		Autopista		
				Marcha en frío	Marcha en caliente		Marcha en frío	Marcha en caliente		caliente	Frio
Vehículos de de carga livianos	gasolina	pre euro	21959	10	10	6,5	201	131	41	33270	4380
		euro I	5668	122	52	52	45	26	14	33270	4380
		euro II	3307	62	22	22	94	17	11	33270	4380
		euro III	4346	36	5	5	83	3	4	33270	4380
		euro IV	14356	16	2	2	57	2	0	33270	4380
	diesel	pre euro	1672	0	0	0	22	28	8	33270	4380
		euro I	825	0	4	4	18	11	3	33270	4380
		euro II	476	3	6	6	6	7	2	33270	4380
		euro III	717	15	4	4	7	3	0	33270	4380
		euro IV	1802	15	4	4	0	0	0	33270	4380

**Resultado de las emisiones de CH4 y N2O en vehículos de carga livianos.**

Tipo vehículo	combustible	Emisiones de N2O Ton/Año de acuerdo al tipo de vía y funcionamiento.			emisiones de CH4 Ton/Año		
		urbana		autopista	urbana		autopista
		Marcha en frío	Marcha en caliente		Marcha en frío	Marcha en caliente	
Vehículos de carga livianos	gasolina	0,96	5,99	0,85	19,33	78,48	5,39
		3,03	8,04	1,77	1,12	4,02	0,48
		0,90	1,98	0,44	1,36	1,53	0,22
		0,69	0,59	0,13	1,58	0,36	0,10
		1,01	0,78	0,17	3,58	0,78	0,0000
	diesel	0,00	0,000	0,0000	0,16	1,277	0,0801
		0,00	0,090	0,0198	0,07	0,2476	0,0148
		0,01	0,078	0,0171	0,01	0,0909	0,0057
		0,05	0,078	0,0172	0,02	0,0587	0,0000
		0,12	0,197	0,0432	0,00	0,0000	0,0000
<b>EMISIONES TOTALES POR TIPO DE FUNCIONAMIENTO Ton/Año</b>		<b>6,75</b>	<b>17,84</b>	<b>3,45</b>	<b>27,24</b>	<b>86,85</b>	<b>6,29</b>
<b>EMISIONES TOTALES PARA CADA GAS Ton/Año</b>		<b>28,04</b>			<b>120,37</b>		

**Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en vehículos de carga pesados.**

Tipo vehículo	combustible	clasificación	numero de vehículos	Factor de emisión N <sub>2</sub> O de acuerdo al tipo de vía (mg/Km)		Factor de emisión CH <sub>4</sub> de acuerdo al tipo de vía (mg/Km)		Distancia Recorrida Km/Año
				urbana	autopista	urbana	autopista	
Vehículos de de carga pesados	Gasolina	Todas las tecnologías	21959	6	6	140	70	58678
	Diesel	capacidad de carga < 16 Ton	13269	30	30	85	20	58678
		capacidad de carga > 16 Ton	12117	30	30	175	70	58678
		Buses Urbanos	1566	30	30	175	70	58678

**Datos de entrada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en motocicletas.**

Tipo vehículo	combustible	clasificación	numero de vehículos	Factor de emisión N <sub>2</sub> O de acuerdo al tipo de vía (mg/Km)		Factor de emisión CH <sub>4</sub> de acuerdo al tipo de vía (mg/Km)		Distancia Recorrida Km/Año
				urbana	autopista	urbana	autopista	
Motocicletas con motor superior a 50 c.c	gasolina	2 Tiempos	52277	2	2	150	150	20000
Motocicletas con motor superior a 50 c.c	gasolina	4 Tiempos	122001	2	2	200	200	20000

**Resultado de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de vehículos en carga pesados.**

Tipo vehículo	combustible	emisiones de N <sub>2</sub> O Ton/Año		emisiones de CH <sub>4</sub> Ton/Año	
		urbana	autopista	urbana	autopista
Vehículos de de carga Pesados	gasolina	6,34	1,39	147,92	16,24
	diesel	19,15	4,2044	54,27	2,80
		17,49	3,8394	102,03	8,96
		2,26	0,4962	13,19	1,16
<b>EMISIONES TOTALES POR TIPO DE VIA Ton/Año</b>		<b>45,24</b>	<b>9,93</b>	<b>317,40</b>	<b>29,15</b>
<b>EMISIONES TOTALES PARA CADA GAS Ton/Año</b>		<b>55,18</b>		<b>346,56</b>	

**Resultado de las emisiones de CH4 y N2O en Motocicletas.**

Tipo vehículo	combustible	emisiones de N2O Ton/Año		emisiones de CH4 Ton/Año	
		urbana	autopista	urbana	autopista
Motocicletas con motor superior a 50 c.c	gasolina	1,71	0,38	156,83	28,23
Motocicletas con motor superior a 50 c.c	gasolina	4,00	0,88	488,00	87,84
<b>EMISIONES TOTALES POR TIPO DE VIA Ton/Año</b>		<b>5,72</b>	<b>1,25</b>	<b>644,84</b>	<b>116,07</b>
<b>EMISIONES TOTALES PARA CADA GAS Ton/Año</b>		<b>6,97</b>		<b>760,91</b>	

**Resultado de las emisiones totales de CH4 y N2O en Fuentes móviles.**

GEI	N2O	CH4
<b>EMISIONES TOTALES POR CADA GAS Ton/Año</b>	<b>113,09</b>	<b>1341,05</b>

## COMPARACION DEL APOORTE DE LAS EMISIONES DE FUENTES MOVILES DE BUCARAMANGA RESPECTO A OTRAS CIUDADES DE COLOMBIA.

Esta comparación se realiza tomando como referencia el estudio hecho por la Universidad de los Andes en la ciudad de Bogotá para fuentes móviles en el año 2005 mediante la implementación del modelo IVE y en el AMB con el software de modelamiento COPERT III.

<b>COMPARACION DE LAS EMISIONES DE BUCARAMANGA RESPECTO DE LAS EMISIONES DE BOGOTA EN FUENTES MOVILES</b>			
<b>Ciudad</b>	<b>Tipo de Contaminante</b>		
	<b>Emisiones de CO2 Ton / Año</b>	<b>Emisiones de CH4 Ton / Año</b>	<b>Emisiones de N2O Ton / Año</b>
<b>Bucaramanga</b>	1350566	975	192
<b>Bogotá</b>	4600000	14000	110

- Los resultados de las emisiones de la ciudad de Bogotá se basaron en los cálculos para 329 días del año y 930000 vehículos evaluados., nuestro estudio se baso en cálculo para los 365 días del año y 370034 vehículos evaluados.