

RAGEI 2016

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
DEL SECTOR ENERGÍA 2016

CATEGORÍAS:

**COMBUSTIÓN ESTACIONARIA Y
EMISIONES FUGITIVAS**

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2016
Categorías: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas

Preparado por:

Ministerio de Energía y Minas
Viceministerio de Energía
Dirección General de Eficiencia Energética

Lima, 2020

CONTENIDO

ABREVIATURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
1. INTRODUCCIÓN	10
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR	11
2.1 Análisis de la oferta	11
2.2 Análisis de la demanda	15
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI	18
3.1. Organización para la elaboración del RAGEI	18
3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI	18
3.3. Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI	20
3.3.1. Control de calidad	21
3.3.2. Garantía de calidad	26
4. METODOLOGÍA APLICADA	39
4.1. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI	39
4.2. Metodología para el análisis de incertidumbre	41
4.2.1. Actividades de quema de combustibles	41
4.2.2. Emisiones fugitivas por la fabricación de combustibles	44
4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal	45
5. RESULTADO SECTORIAL	47
5.1. Análisis de resultados	47
5.2. Análisis de incertidumbre	51
5.2.1. Quema de combustibles (1A)	51
5.2.2. Emisiones fugitivas provenientes de fabricación de combustibles (1B)	51
5.3. Actualización de la serie temporal	55
6. RESULTADOS POR CATEGORÍA	57
6.1. Actividades de quema del combustible (1A)	57
6.1.1. Método de cálculo	57
6.1.2. Datos de actividad	62
6.1.3. Factores de emisión y de conversión	83
6.1.4. Análisis de resultados	90
6.1.5. Sigüientes pasos	98
6.2. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B)	99
6.2.1. Método de cálculo	99
6.2.2. Datos de actividad	109
6.2.3. Factores de emisión	127
6.2.4. Análisis de resultados	128
6.2.5. Sigüientes pasos	130
7. EMISIONES INFORMATIVAS	131
8. METODO DE REFERENCIA	132
8.1 Justificación	132
8.2 Metodología	132
8.3 Análisis comparativo entre el Método de Referencia y el Método por Sectores	134
8.4 Gestiones para mejorar este análisis comparativo	135
9. RECOMENDACIONES	136
10. ANEXOS	137

Lista de tablas

Tabla 1. Sistema de archivo digital del RAGEI - 2016 20

Tabla 2. Procedimientos generales de control de calidad 2016 21

Tabla 3: Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2016 24

Tabla 4. Comentarios recibidos por revisor internacional y acciones tomadas..... 28

Tabla 5. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI (2016) en base a la revisión del equipo sectorial 38

Tabla 6. Categoría de emisiones del sector energía y las emisiones estimadas 39

Tabla 7. Cálculos ajustados del sector energía: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas 40

Tabla 8. Categorías de emisiones IPCC ajustadas a la realidad nacional – sector energía 42

Tabla 9. Niveles de incertidumbre de los factores de emisión por combustión para metano y óxido nitroso 42

Tabla 10. Niveles de incertidumbre determinados para los datos nacionales de los niveles de actividad. 42

Tabla 11. Incertidumbre de los factores de emisión de metano por la fabricación de combustibles sólidos 44

Tabla 12. Incertidumbre de los factores de emisión de dióxido de carbono y metano por la fabricación de petróleo y gas natural 44

Tabla 13. Incertidumbre de los factores de emisión obtenidos por combinación de incertidumbres..... 45

Tabla 14. Emisiones nacionales de GEI del sector energía (excluido transporte) – 2016 48

Tabla 15. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones por actividades de quema de combustibles del RAGEI 52

Tabla 16. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones fugitivas por fabricación de combustibles del RAGEI. 54

Tabla 17. Serie temporal de emisiones (GgCO₂eq) originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 55

Tabla 18. Fuentes con emisiones de GEI inferiores al RAGEI 2014 55

Tabla 19. Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión/captura del sector energía 60

Tabla 20. Datos de actividad de la fuente: Generación de electricidad 64

Tabla 21. Datos de actividad de la fuente: Generación combinada de calor y energía 66

Tabla 22. Datos de actividad de la fuente: Refinación de petróleo 68

Tabla 23. Datos de actividad de la fuente: Otras industrias energéticas 70

Tabla 24. Datos de actividad de la fuente: Minería..... 72

Tabla 25. Datos de actividad de la fuente: Industria no especificada 74

Tabla 26. Datos de actividad utilizados para la categoría transporte..... 76

Tabla 27. Datos de actividad utilizados para la categoría comercial/institucional..... 78

Tabla 28. Dato de actividad utilizados para la categoría residencial..... 80

Tabla 29. Dato de actividad para la categoría agricultura/silvicultura/pesca/piscifactoría 82

Tabla 30. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas 83

Tabla 31. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción 84

Tabla 32. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en la fuente comercial/institucional..... 85

Tabla 33. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en el sector residencial 85

Tabla 34. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en los sectores agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías..... 86

Tabla 35. Valor calórico neto de los combustibles producidos en Perú 87

Tabla 36. Densidades de los combustibles producidos en Perú..... 87

Tabla 37. Valor calórico neto (TJ/Gg) de los combustibles producidos en Perú y del IPCC..... 88

Tabla 38: Densidades de los combustibles producidos en Perú..... 88

Tabla 39. Emisiones de GEI por quema de combustibles (según combustible)	90
Tabla 40. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial	98
Tabla 41. Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión de la sub-categoría emisiones fugitivas de la fabricación de combustibles	106
Tabla 42. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de los combustibles sólidos.....	110
Tabla 43. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – venteo.....	112
Tabla 44. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – quema de antorcha	114
Tabla 45. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – producción y refinación	116
Tabla 46. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural - venteo	118
Tabla 47. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – quema de antorcha.....	120
Tabla 48. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – procesamiento	122
Tabla 49. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – transmisión y almacenamiento.....	124
Tabla 50. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – distribución	126
Tabla 51. Factor de emisión del metano de la minería subterránea del carbón	127
Tabla 52. Factores de emisión de nivel 1 para las emisiones fugitivas (incluidos el venteo y la quema en antorcha) procedentes de las operaciones de petróleo en los países en desarrollo y en los países con economías en transición.....	127
Tabla 53. Factores de emisión de nivel 1 para las emisiones fugitivas (incluidos el venteo y la quema en antorcha) procedentes de las operaciones gas natural en los países en desarrollo y en los países con economías en transición.....	128
Tabla 54. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial	130
Tabla 55. Productos usados como alimentación a procesos, reductores y para fines no energéticos	134
Tabla 56. Comparación de emisiones de GEI entre métodos del IPCC.....	135
Tabla 57. Composición molar del gas natural distribuido por Pluspetrol.....	140
Tabla 58. Peso molecular del gas natural y participación en peso de carbono	140
Tabla 59. Análisis comparativo del factor de emisión nacional para gas natural con valores de IPCC	141
Tabla 60. Factores de emisión de la fuente Industrias de la energía (1A1)	142
Tabla 61. Factores de emisión de la fuente Industrias de la manufactura y construcción (1A2)	142
Tabla 62. Factores de emisión de las fuentes: Comercial/Institucional (1.A.4.a) y Agricultura/Pesquería (1.A.4.c.)	143
Tabla 63. Factores de emisión de la fuente Residencial (1A4b).....	143
Tabla 64. Emisiones de gases precursores por fuentes estacionarias de la categoría energía	144

Lista de gráficos

Gráfico 1. Participación de las emisiones de GEI según fuente 8

Gráfico 2. Estimaciones de GEI del sector Energía: Combustión estacionaria y emisiones fugitivas 9

Gráfico 3. Datos históricos de las emisiones nacionales de GEI del sector energía y PBI 11

Gráfico 4. Tendencia de la generación de energía del mercado eléctrico 12

Gráfico 5. Participación de la generación de energía eléctrica- 2016 12

Gráfico 6. Consumo de combustibles para la generación de electricidad – 2016 13

Gráfico 7. Consumo de combustibles para actividades de industrias energéticas - 2016 13

Gráfico 8. Producción histórica de petróleo 14

Gráfico 9. Producción histórica de gas natural 14

Gráfico 10. Datos históricos del gas natural quemado y venteado por operaciones de producción 15

Gráfico 11. Datos históricos del gas natural reinyectado 15

Gráfico 12. Consumo caracterizado de combustibles de los sectores económicos en 2016 16

Gráfico 13. Tendencia del consumo de combustible en los sectores económicos excluyendo el sector transporte 16

Gráfico 14. Tendencia de las emisiones de GEI en los sectores económicos excluyendo el sector transporte 17

Gráfico 15. Emisiones nacionales según GEI del sector energía - 2016 47

Gráfico 16. Emisiones nacionales de gases precursores del sector energía (categoría 1A) – 2016 47

Gráfico 17. Emisiones de GEI del sector energía 49

Gráfico 18. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) del sector energía según fuente de emisión-2016 50

Gráfico 19. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) históricas del sector energía según categorías 56

Gráfico 20. Árbol de decisión para estimar las emisiones por quema de combustibles de fuentes estacionarias 58

Gráfico 21. Emisiones de GEI según fuentes y combustibles 91

Gráfico 22. Emisiones de GEI según fuentes y combustibles 92

Gráfico 23. Emisiones de GEI por generación de electricidad (1A1ai) 93

Gráfico 24. Emisiones de GEI por la refinación del petróleo (1A1b) 93

Gráfico 25. Emisiones de GEI por otras industrias de la energía (1A1cii) 94

Gráfico 26. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) de las industrias de la energía (1A1) 94

Gráfico 27. Emisiones de GEI por industrias de la minería y cantería (1A2i) 95

Gráfico 28. Emisiones de GEI por industrias no especificadas (1A2m) 95

Gráfico 29. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) de las industrias de la manufactura y la construcción 96

Gráfico 30. Emisiones de GEI por el sector comercial/institucional (1A4a) 96

Gráfico 31. Emisiones de GEI por el sector residencial (1A4b) 97

Gráfico 32. Emisiones de GEI por el sector Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías (1A4c) 97

Gráfico 33. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) por otros sectores 98

Gráfico 34. Árbol de decisión para las minas de carbón subterráneo 101

Gráfico 35. Árbol de decisión para los sistemas de gas natural 103

Gráfico 36. Árbol de decisión para la producción de petróleo crudo 104

Gráfico 37. Emisiones fugitivas por la fabricación de combustibles 128

Gráfico 38. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de combustibles sólidos 129

Gráfico 39. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de petróleo (1B2a) 129

Gráfico 40. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de gas natural (1B2b) 130

Gráfico 41. Emisiones informativas de CO₂ por quema de biomasa 131

Gráfico 42. Emisiones de gases precursores por fuentes estacionarias 143

ABREVIATURAS

AEE	Anuario Estadístico de Electricidad
API	<i>American Petroleum Institute</i> (Instituto Americano de Petróleo)
BNE	Balance Nacional de Energía
BUR	Informe Bienal de Actualización
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
COES	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
DGCCD	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
DGE	Dirección General de Electricidad
DGEE	Dirección General de Eficiencia Energética
GEI	Gases de efecto invernadero
GL2006	Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
GgCO ₂ eq	Gigagramos de dióxido de carbono equivalente
GLP	Gas licuado de petróleo
ICA	<i>International Consultation and Analysis</i> (Análisis y Consulta Internacional)
IPCC	International Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
N ₂ O	Óxido nitroso
NAMA	National Appropriate Mitigation Actions (Medidas de Mitigación Apropriadas para cada País)
NDC	<i>National Determined Contributions</i> (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional)
PBI	Producto Bruto Interno
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
TJ	Terajoules

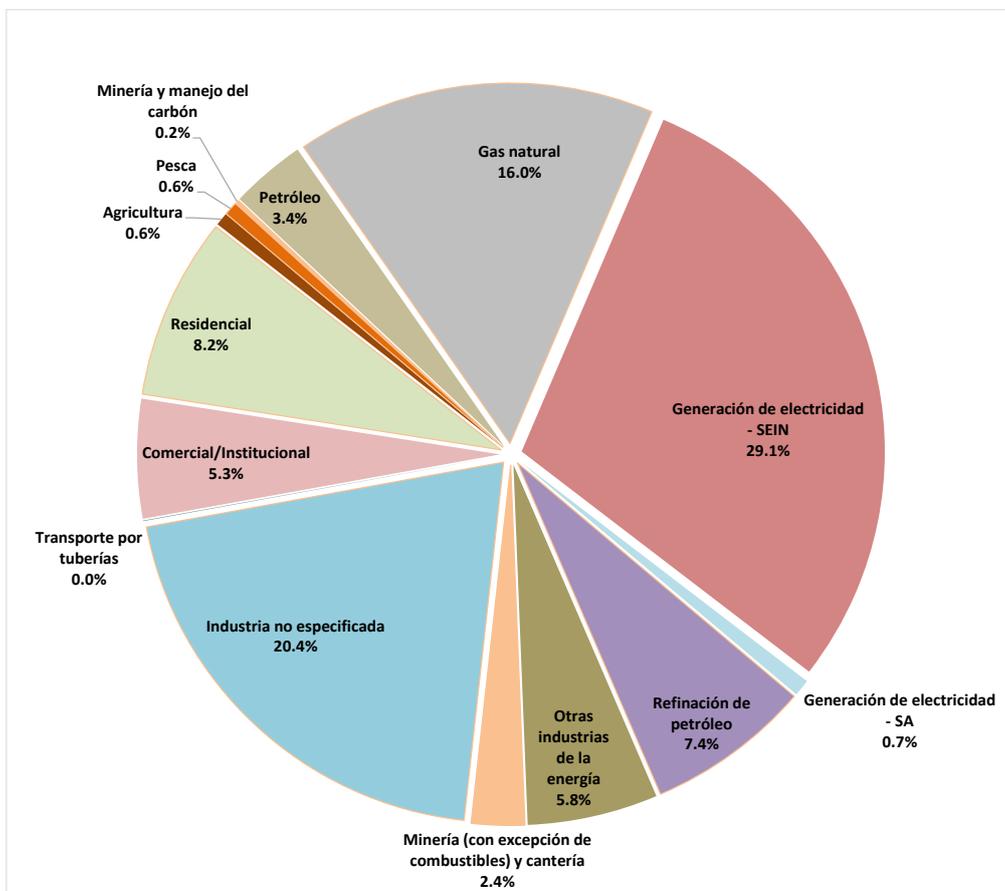
RESUMEN EJECUTIVO

El presente Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, describe el proceso de estimación de las emisiones de GEI y gases precursores de GEI del sector Energía correspondiente al año 2016 para las categorías de i) Combustión Estacionaria, ii) Emisiones fugitivas y iii) Transporte de combustible por tuberías (RAGEI 2016), siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

El RAGEI 2016 reporta los valores de GEI en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), utilizando los valores de Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación, que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años.

Las emisiones para el año 2016 se han estimado en 29,487.61 GgCO₂, 356.78 GgCH₄ (7,492.28 GgCO₂eq) y 0.36 GgN₂O (110.70 GgCO₂eq). Y el resultado agregado asciende a 37,090.60 GgCO₂eq para el año 2016, siendo las principales fuentes de emisión, por su representatividad, las industrias de generación de electricidad del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN (29.1%), las industrias manufactureras y de la construcción (22.7%) y las emisiones fugitivas de la fabricación de combustibles (19.6%). Otras fuentes importantes por su contribución fueron: sector residencial (8.1%), otras industrias energéticas (5.8%), refinación del petróleo (7.4%), sector comercial/institucional (5.3%) y minería (2.4%).

Gráfico 1. Participación de las emisiones de GEI según fuente

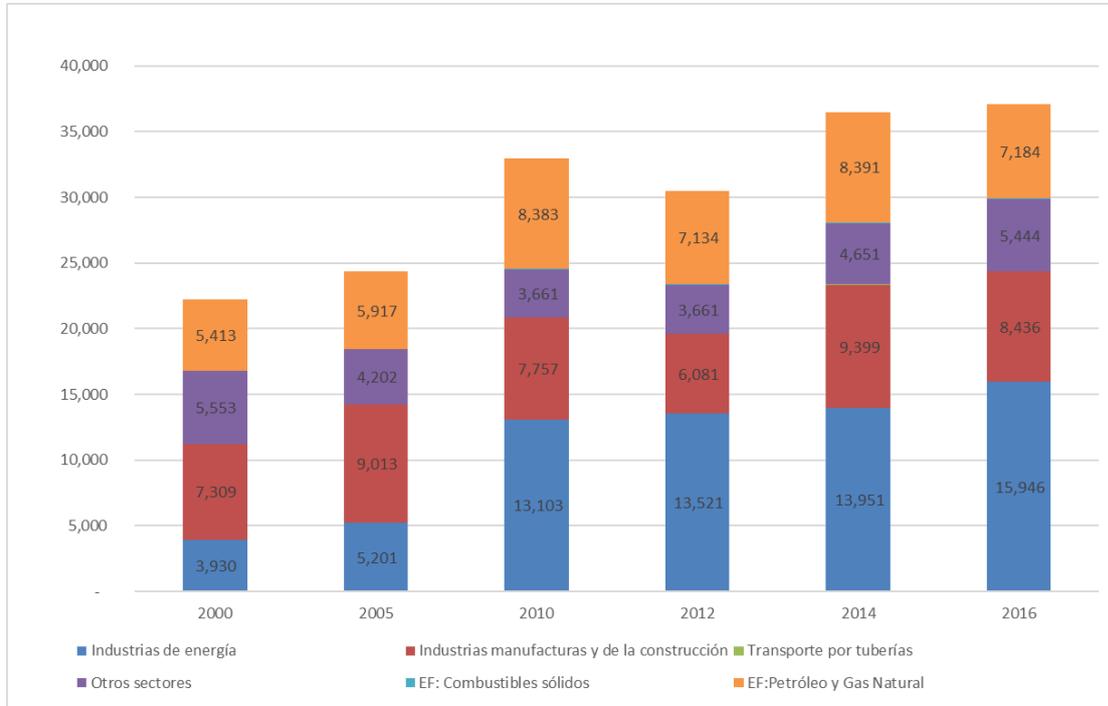


Fuente: DGEE-MINEM

Asimismo, se han actualizado las estimaciones de GEI correspondientes a los años 2000, 2005, 2010, 2012, y 2014. Esto tomando en consideración la incorporación de las emisiones de CH₄ y

N₂O por quema de biomasa. Respecto a la evolución de las emisiones de GEI, se tiene que las emisiones del año 2016 incrementaron en aproximadamente en 1.7% respecto al 2014 y en un 67% respecto al año 2000. Se evidencia una tendencia creciente de generación de emisiones de GEI, que está relacionada con el incremento de la mayor demanda de combustibles fósiles.

Gráfico 2. Estimaciones de GEI del sector Energía: Combustión estacionaria y emisiones fugitivas



Fuente: DGEE-MINEM

El RAGEI contiene mejoras respecto a las estimaciones realizadas anteriormente. Esto debido a la revisión exhaustiva del equipo y a las recomendaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA por sus siglas en inglés) como parte de un proceso de garantía de calidad realizado al INGEI 2014. Entre las mejoras incluidas en el presente RAGEI se resaltan las siguientes: i) se contabiliza emisiones anteriormente excluidas (ej. Emisiones de metano - CH₄ y Óxido nitroso - N₂O procedentes de la quema de biomasa), ii) se han desagregado las emisiones del sector residencial y comercial, iii) se ha revisado las emisiones fugitivas derivadas de las actividades de hidrocarburos (se cambió la fórmula de estimación de emisiones fugitivas de petróleo, se incluyeron las emisiones fugitivas de gas natural por su producción, se modificaron los factores de emisión relacionados al procesamiento de gas natural, se modificaron los valores vinculados a la actividad de transporte y distribución), iv) se han incluido las emisiones de gases precursores, entre otras. La revisión de las estimaciones anteriores ha permitido generar un RAGEI más exhaustivo y preciso.

1. INTRODUCCIÓN

El presente es el segundo Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del Sector Energía elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) a través de la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE). Este reporte considera las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por fuentes de combustión estacionaria y emisiones fugitivas, no considera la combustión por fuentes móviles al ser esta una actividad de trabajo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El RAGEI presentado corresponde al año 2016 e incluye la cuantificación de las emisiones de GEI generadas en este año, pero además presenta la actualización de las estimaciones de GEI de los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014.

Los resultados obtenidos son de gran relevancia para el sector porque le permite identificar cuáles son las actividades que generan mayores emisiones de GEI en la actualidad y además porque permite evaluar sus respectivas tendencias históricas. En ese sentido, el RAGEI es un instrumento de gestión importante para la toma de decisiones en lo que refiere a la mitigación del cambio climático, gestión muy necesaria para el Perú y otros países que forman parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) al estar comprometidos a reducir, en el marco de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), importantes cantidades de GEI.

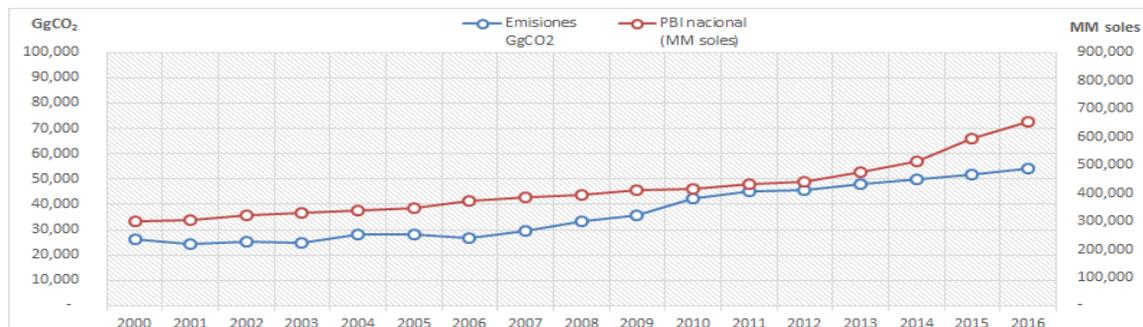
En este RAGEI se ha incorporado, por primera vez, la cuantificación de emisiones de los gases precursores de GEI, los cuales afectan al ambiente y al bienestar social. Dicha cuantificación permite aproximar los impactos atmosféricos generados por cada una de las actividades del sector energía.

El desarrollo del presente RAGEI ha sido logrado gracias al apoyo y coordinación constante con la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del Ministerio del Ambiente (MINAM), contando además la DGEE con el apoyo del Proyecto: Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de generación de energía y su uso final en el Perú.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR

A nivel nacional, las emisiones derivadas del consumo final de energía presentan una tendencia de crecimiento en los últimos años. Lo mismo sucede con el PBI nacional, aunque este presenta una tendencia de mayor crecimiento en los últimos años (2010-2016).

Gráfico 3. Datos históricos de las emisiones nacionales de GEI del sector energía¹ y PBI



Fuente: DGEE-MINEM

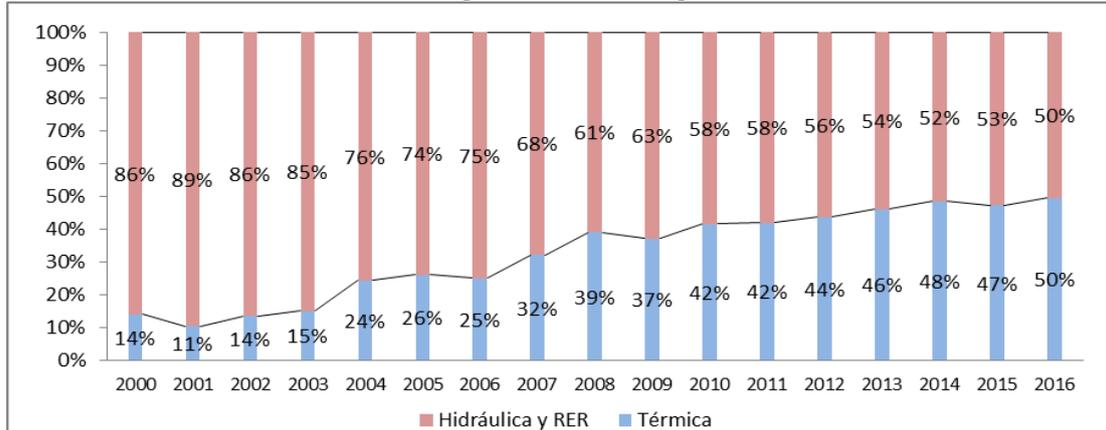
Las emisiones de GEI arriba indicadas, que equivalen a la demanda de energía (sin incluir electricidad) de distintos sectores económicos (Industria, minería, agricultura, pesca, comercial/institucional y residencial), proceden principalmente por el alto consumo de los siguientes combustibles: leña, gas natural, gas licuado de petróleo, diésel B5 y carbón mineral. Estos consumos, en sus respectivos sectores, se analizan en la sección: demanda de la energía (2.2).

2.1 Análisis de la oferta

En esta sección se presenta y analiza las distintas fuentes de emisión de GEI de los procesos de generación de energía. Inicialmente se aborda el comportamiento del sistema de generación de electricidad del SEIN del Perú, la principal fuente de emisión de GEI del país y posteriormente otras fuentes.

¹ Las emisiones de GEI de la gráfica no representan la totalidad de las emisiones del sector energía, esta contiene las emisiones de GEI por consumo de combustible de los sectores económicos. En esta se excluye el consumo de combustibles por la industria de generación de energía eléctrica, refinerías, otras industrias energéticas y las emisiones fugitivas generadas por la producción de combustibles.

Gráfico 4. Tendencia de la generación de energía del mercado eléctrico



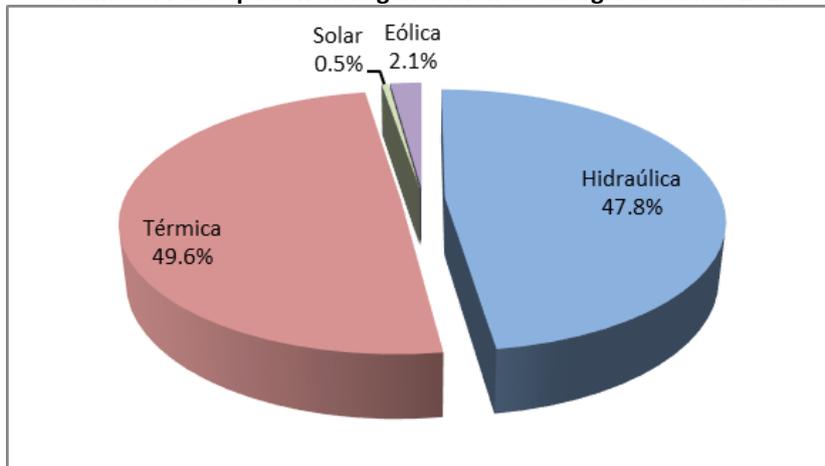
Fuente: DGEE-MINEM

Tal como se puede apreciar en la gráfica 4, la electricidad en el Perú era inicialmente generada con gran participación de las centrales hidroeléctricas. Luego con el pasar de los años las centrales termo eléctricas tuvieron mayor participación, más aún a partir del año 2004 en adelante periodo en el que el país promueve y fomenta los usos del gas natural.

Para el año 2016 la electricidad fue generada de forma casi equitativa entre centrales de generación térmica y otro tipo de centrales (hidráulicas y RER).

En el año 2016 la energía eléctrica fue generada con una participación del 47.8% de centrales hidráulicas, 49.6% por centrales térmicas y un 2.6% por energías renovables no convencionales (0.5% solar y 2.1% eólica). Estas últimas han entrado desde el año 2012 y año tras años vienen teniendo mayor participación, aunque con un crecimiento lento.

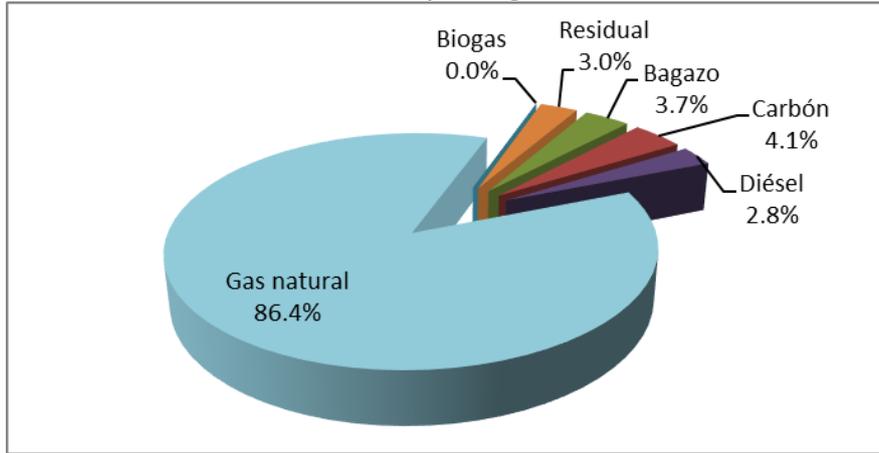
Gráfico 5. Participación de la generación de energía eléctrica- 2016



Fuente: DGEE-MINEM

Respecto al consumo de combustibles por centrales termoeléctricas, se consumió aproximadamente 191,400 TJ de los cuales la mayoría proviene del uso del gas natural. En menores cantidades se consumió bagazo, petróleo residual, carbón, diésel y biogás.

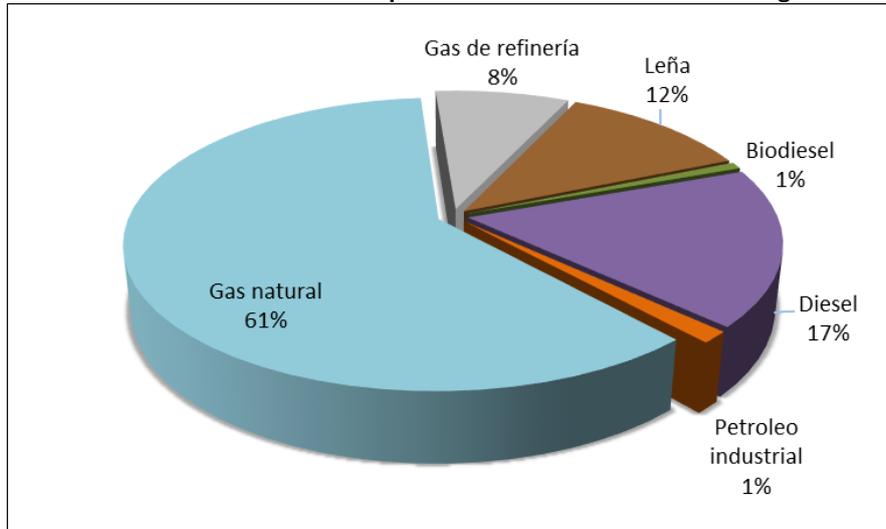
Gráfico 6. Consumo de combustibles para la generación de electricidad – 2016



Fuente. DGEE-MINEM

En adición a la energía requerida para la generación de electricidad, existe un consumo necesario para todas las actividades propias de las industrias energéticas (producción, transformación, transporte y distribución de la energía). En el año 2016 se consumieron aproximadamente 98,590 TJ por estas actividades, de los cuáles la mayoría también provino del consumo de gas natural y en cantidades inferiores de combustibles como el diésel, leña, gas de refinería, petróleo industrial y biodiesel.

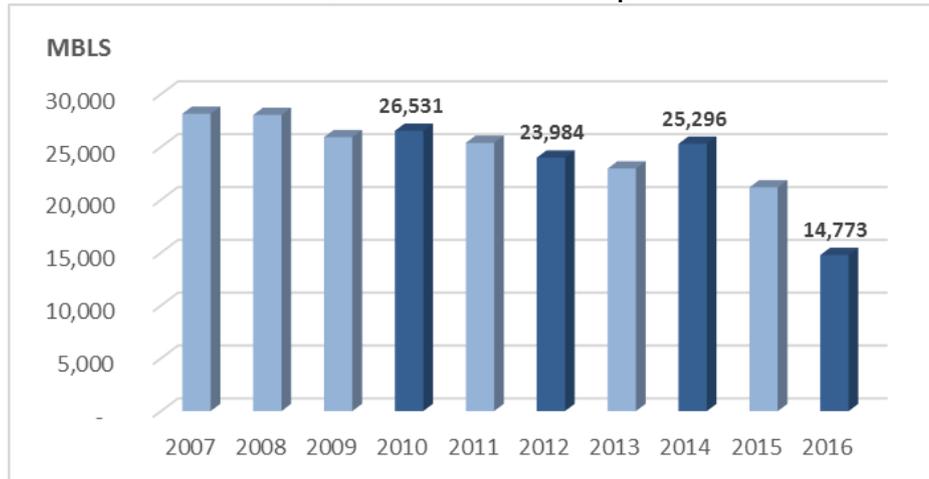
Gráfico 7. Consumo de combustibles para actividades de industrias energéticas - 2016



Fuente: DGEE-MINEM

En relación a las emisiones fugitivas se presenta a continuación las cantidades producidas tanto de petróleo como de gas natural. Respecto al petróleo se tienen datos que presentan tendencias de decrecimiento en su producción, por ejemplo, en el 2016 se ha producido 42% menos petróleo que en el año 2014.

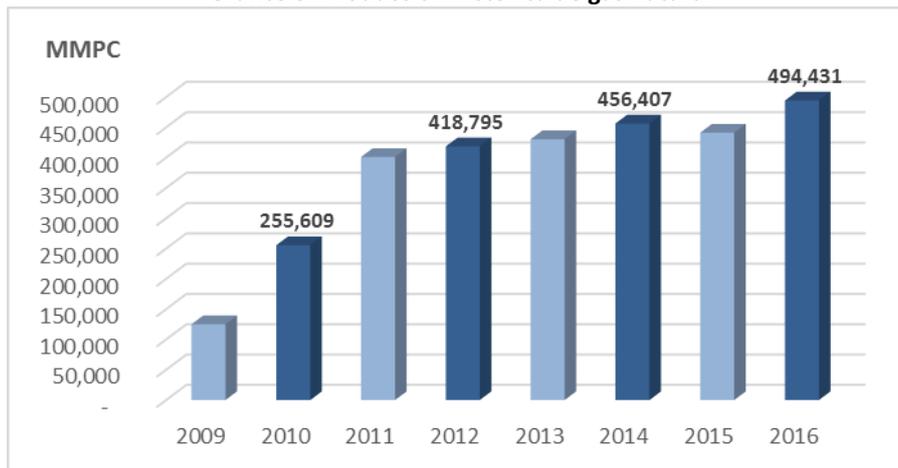
Gráfico 8. Producción histórica de petróleo



Fuente: DGEE-MINEM

Respecto al gas natural, que es uno de los principales combustibles que se consume nacionalmente, se tienen tendencias de crecimiento positivo, por ejemplo, del año 2014 al año 2016 hubo un incremento del 8%.

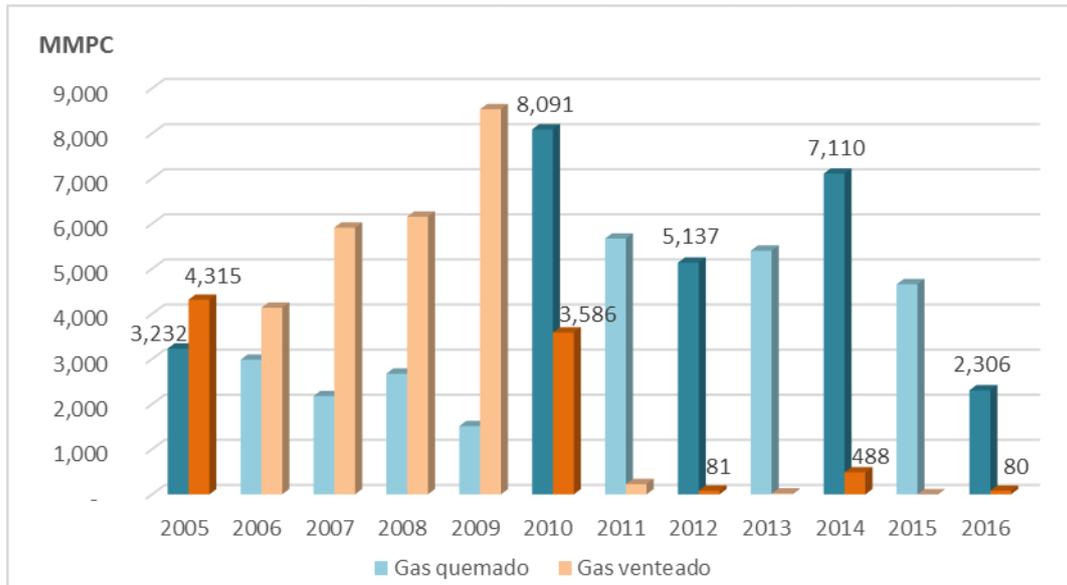
Gráfico 9. Producción histórica de gas natural



Fuente: DGEE-MINEM

Sin embargo, si analizamos las acciones que repercuten sobre las emisiones fugitivas de GEI como son el gas quemado (principalmente) y gas venteado los datos históricos presentan lo siguiente:

Gráfico 10. Datos históricos del gas natural quemado y venteado por operaciones de producción

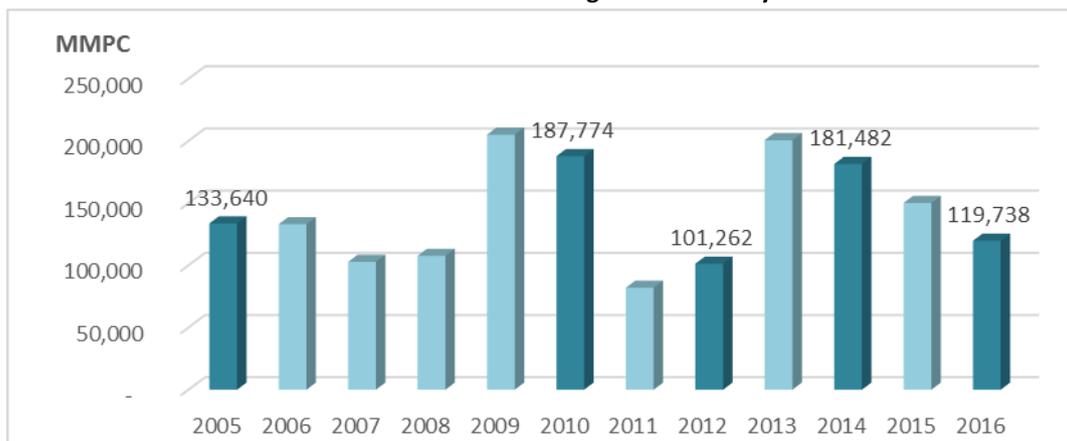


Fuente: DGEE-MINEM

El gas natural venteado inicialmente presentó una tendencia alta de crecimiento para luego reducirse de forma bastante considerada, casi nula. En el caso del gas natural quemado este presenta una tendencia irregular. Si comparamos por ejemplo la cantidad de gas natural quemado en 2014 respecto a la que se quemó en 2016 (68% menos) es que se entiende porque en 2016 las emisiones de metano se redujeron de forma considerable respecto a 2014.

Finalmente, el gas natural reinyectado también influye sobre las emisiones fugitivas del RAGEI, los datos históricos sobre esta variable presentan un comportamiento irregular con los años, tal como se aprecia en el gráfico debajo.

Gráfico 11. Datos históricos del gas natural reinyectado

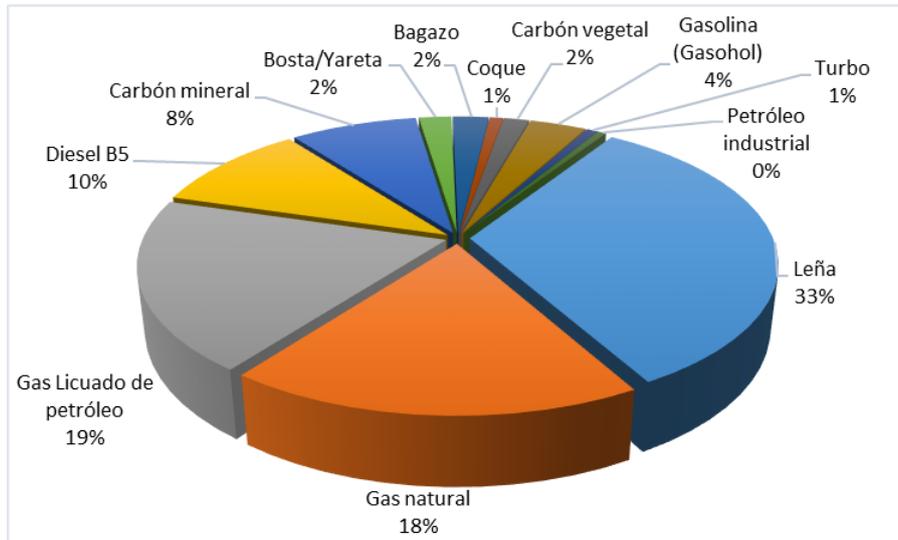


Fuente: DGEE-MINEM

2.2 Análisis de la demanda

En esta sección se analiza el consumo de combustibles requeridos por los distintos sectores económicos, información que ha sido obtenida del BNE 2016. Los combustibles que se consumen mayoritariamente (en unidades energéticas) y por orden decreciente en estos sectores son la leña, gas natural, gas licuado de petróleo, diésel y el carbón mineral.

Gráfico 12. Consumo caracterizado de combustibles de los sectores económicos en 2016

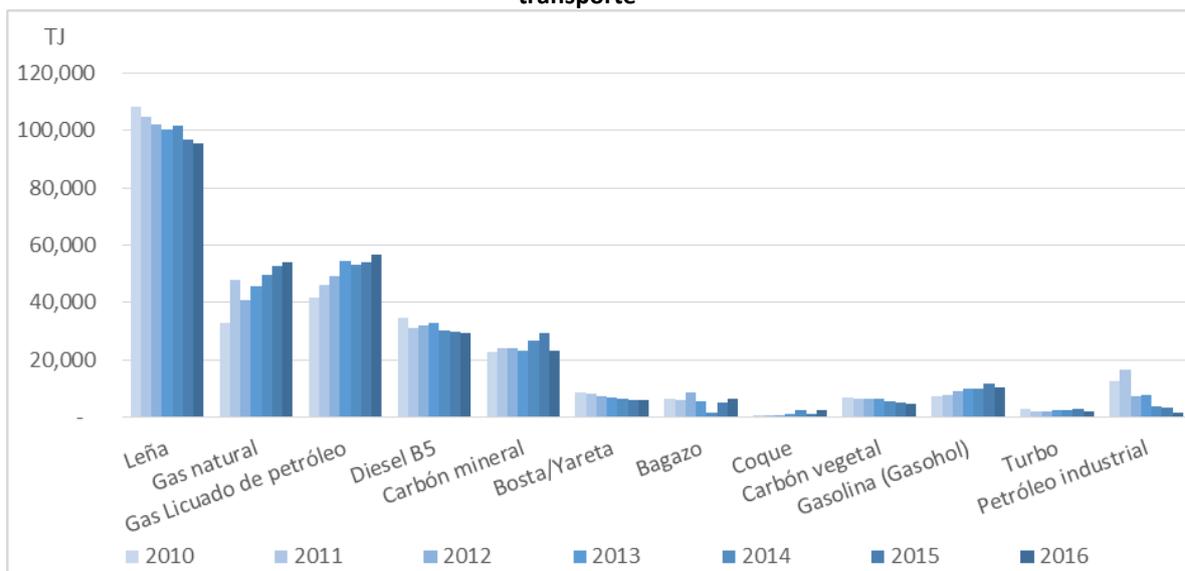


Fuente: DGEE-MINEM

La leña es el combustible que se consume principalmente en el sector residencial del ámbito rural, es utilizada básicamente para la actividad de cocción de los alimentos. Esta también se consume de forma a considerar en el sector comercial (especialmente en servicios de restaurant y hotelería). El gas natural se consume mayoritariamente por el sector industrial, aunque también en menores pero importantes cantidades en los sectores minería y residencial. El gas licuado de petróleo se consume primordialmente por los sectores residencial e industrial. El diésel se consume principalmente por los sectores minero e industrial y el carbón mineral es de uso predominante en el sector industrial.

La tendencia del consumo de combustibles es variada, en el caso de la leña, diesel, carbón mineral, petróleo industrial, coque y carbón vegetal existe una tendencia de decrecimiento mientras que para los casos de gas natural y gas licuado de petróleo existe una tendencia notoria de crecimiento.

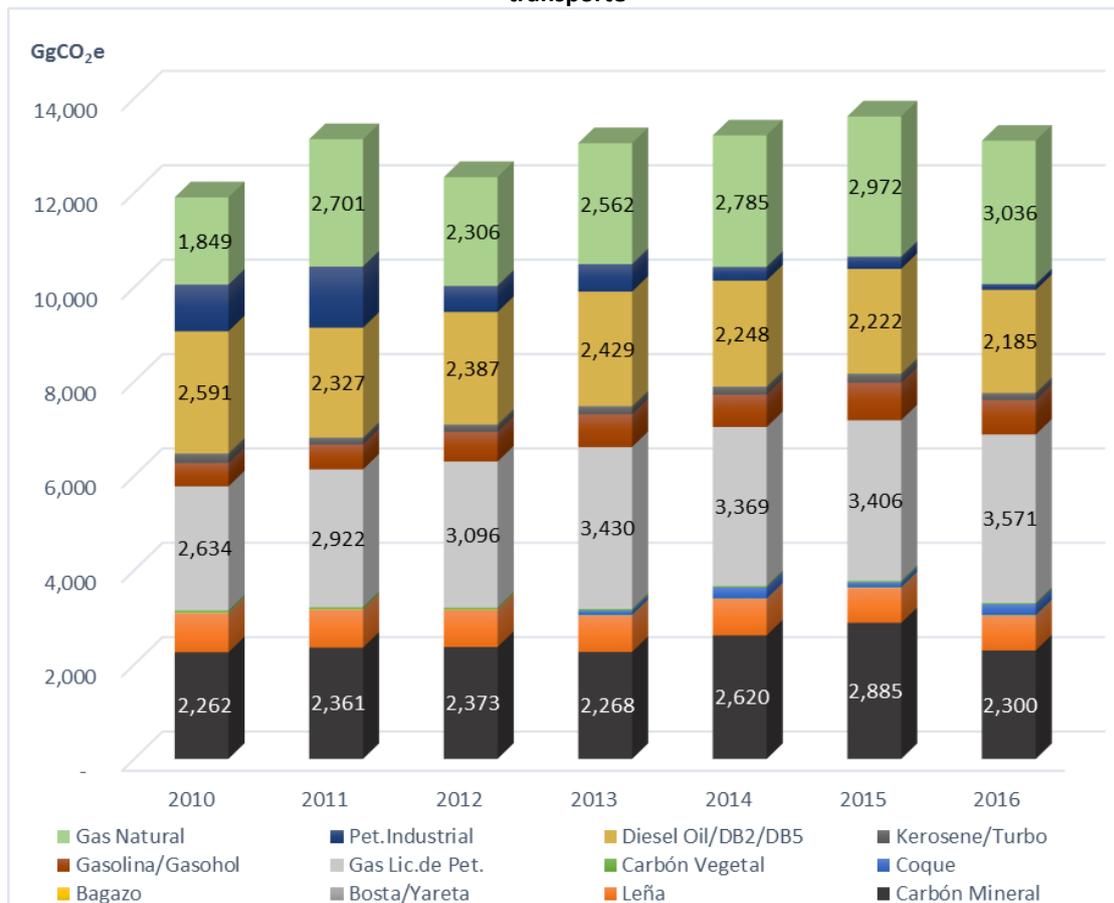
Gráfico 13. Tendencia del consumo de combustible en los sectores económicos excluyendo el sector transporte



Fuente: DGEE-MINEM

Las emisiones de GEI de los sectores económicos están altamente influenciadas por este consumo de combustibles, de por si no guardan la misma relación con la gráfica de consumos puesto que las emisiones de GEI están relacionadas con el contenido de carbono de los combustibles además de sus respectivos poderes caloríficos. Así, las emisiones de GEI del sector energía (excluido transporte) son generadas principalmente por los consumos de gas licuado de petróleo, gas natural, carbón mineral y Diesel B5. El reemplazo de combustibles, por ejemplo, gas natural o gas licuado de petróleo en lugar de petróleo industrial o diésel genera importantes reducciones de emisiones de GEI. Es importante resaltar que se generan importantes cantidades de emisiones de GEI debido al consumo de carbón mineral, combustible con alto contenido de carbono y generador de otros contaminantes.

Gráfico 14. Tendencia de las emisiones de GEI en los sectores económicos excluyendo el sector transporte



Fuente: DGEE-MINEM

3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1. Organización para la elaboración del RAGEI

De acuerdo a la Resolución Ministerial Nº 168-2016-MINAM, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) es la entidad competente encargada de la elaboración del RAGEI del Sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas. Dentro del MINEM, la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) es la responsable de la elaborar y presentar al MINAM el RAGEI en mención.

3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

Los niveles de actividad requeridos han sido obtenidos en la mayoría de casos de documentos oficiales del país (fuentes primarias) entre los que tenemos: Balance Nacional de Energía (2016)², Anuario Estadístico de Electricidad (2016)³ y Estadística petrolera (2016)⁴.

Se han utilizado los mismos datos de poder calorífico y densidades usados para el RAGEI de 2014 para con ello ser consistentes con la data histórica. Dicha información fue proveída en su momento por distintas instituciones tales como: Petroperú, Calidda y Repsol. Dichos valores se analizan de forma comparativa posteriormente, dicha acción no fue realizada en el anterior RAGEI.

- Acciones y arreglos implementados para el presente RAGEI

Para la elaboración del RAGEI del sector energía correspondiente al año 2016, la DGEE, a través del proyecto: Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación en los sectores de generación de energía y su uso final en el Perú, encargó a un especialista el apoyo para la elaboración del presente RAGEI. Dicho especialista, en estrecha colaboración con el personal del área de Planeamiento Energético de la DGEE, se encargó de recopilar y procesar la información que ha sido requerida para posteriormente realizar los cálculos presentados en el presente RAGEI.

Durante el proceso de elaboración, se implementaron de forma preliminar arreglos institucionales internos. En esta oportunidad el especialista encargado tuvo el apoyo, en lo que refiere a procesos de control de calidad y actualización parcial de las anteriores estimaciones y la aplicación de acciones de mejora en la estimación de emisiones fugitivas por parte de un especialista del área de planeamiento de la DGEE.

- Acuerdos de acciones y arreglos para siguientes RAGEI

Para la elaboración de los futuros RAGEI, el área de planeamiento energético será quien se encargará de todo el proceso de elaboración de los mismos. El equipo de trabajo del MINEM garantizará la presencia de especialistas en las materias requeridas en este proceso, los cuales son: especialistas en la elaboración de balances nacionales de energía (electricidad, hidrocarburos (petróleo y gas natural) y minería (carbón)). El grupo técnico contará con un coordinador quien pertenecerá a la DGEE y se encargará de dirigir y asegurar que el proceso se desarrolle de la mejor manera y en los tiempos establecidos. Para este grupo se ha previsto desarrollar las siguientes acciones:

² MINEM: Elaborado por la Dirección General de Eficiencia Energética en 2018, pendiente de publicación

³ MINEM: <http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738>

⁴ PERUPETRO: <https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016>

- ✓ Definir la estructuración del equipo interno de trabajo, identificando y aprobando los respectivos roles y responsabilidades de los profesionales encargados.
- ✓ Establecer de forma coordinada un cronograma de trabajo que permita implementar revisiones de control y gestión de calidad interna y cumplir con los requerimientos del INFOCARBONO.
- ✓ Fortalecer las capacidades al equipo de trabajo según las necesidades identificadas.
- ✓ Revisar y analizar los actuales requerimientos de información que realiza el MINEM a los diferentes actores del sector, de manera que se adecúen al nivel de desagregación y calidad requeridos para los cálculos de emisiones, lo cual no sólo mejorará la elaboración del RAGEI, sino que mejorará la calidad del balance nacional de energía y otros documentos o instrumentos que se utilizan en la planificación energética nacional.

A nivel de la DGEE, encargada de elaborar los RAGEI, se llegaron a los siguientes acuerdos:

- ✓ El equipo técnico que ha conformado oficialmente el MINEM se encargará de elaborar los siguientes RAGEI. Este podría ser modificado, para ser actualizado o ampliado en caso sea requerido.
 - ✓ La DGEE se encargará de coordinar este proceso, quien dispondrá de un coordinador para tal fin.
 - ✓ Tanto el coordinador como el equipo técnico de trabajo constituido recibirá, en la medida que lo requiera, acompañamiento y soporte técnico proveído por el MINAM, tal como se señala en el artículo 5, inciso d, del Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM que crea el INFOCARBONO.
 - ✓ Se definirán los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo técnico conformado.
 - ✓ Se establecerá un cronograma de trabajo, el cual estará bajo supervisión constante del coordinador.
 - ✓ Se identificarán acciones que faciliten el proceso de elaboración del RAGEI.
- Nivel interinstitucional (con otras instituciones del sector público y/o privado)

Para la elaboración del presente RAGEI se han llevado a cabo reuniones de acompañamiento técnico con MINAM, como administrador del INFOCARBONO en las cuáles se recibieron orientaciones para la elaboración del RAGEI 2016, la actualización de los anteriores y el presente reporte.

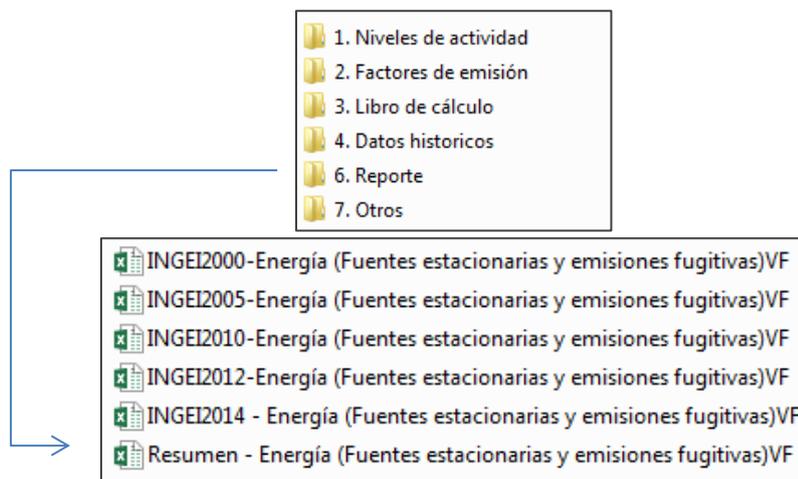
- Sistema de Archivo

Se ha creado una carpeta digital que contiene todos los archivos concernientes a la elaboración del RAGEI, esta carpeta se estructura y contiene lo siguiente:

Tabla 1. Sistema de archivo digital del RAGEI - 2016

Carpeta	Contenido
1. Datos de actividad	<p>Contiene la relación de documentos que poseen parte de la información requerida para la estimación de las emisiones nacionales de GEI del sector energético.</p> <p>Además, hay archivos extraídos de publicaciones con su respectivo vínculo web y correos electrónicos u hojas escaneadas cuando la información fue proveída por alguna institución específicamente.</p> <p>La información en esta carpeta se encuentra subdividida según el sub-sector al cual pertenece: electricidad, hidrocarburos líquidos, gas natural, y emisiones fugitivas.</p>
2. Factores de emisión	<p>En esta carpeta se encuentra material bibliográfico que contiene los factores de emisión utilizados para gases precursores.</p> <p>Contiene además el documento que describe la metodología seguida para obtener el factor de emisión nacional por quema de gas natural y el respectivo libro de cálculo con los resultados obtenidos.</p>
3. Libro de cálculo	<p>En esta carpeta se encuentra el archivo Excel con el que se estimaron las emisiones de GEI del sector energía.</p> <p>Además, se tiene el archivo Excel con el que se estimó las emisiones nacionales de GEI del sector transporte (fuentes móviles). Esta data es relevante para los fines comparativos con el Método de Referencia.</p>
4. Datos históricos	<p>Aquí se ubican los archivos Excel que contienen las emisiones de GEI de todos los inventarios oficialmente realizados, pero en su versión más reciente (actualizada).</p> <p>Además, contiene un libro denominado resumen en el que se puede apreciar todos los inventarios a la fecha realizados de forma conjunta.</p>
5. Reporte	Contiene el informe (RAGEI) propiamente.
6. Otros	En esta carpeta se ubican otros materiales que sirvieron de apoyo para la elaboración del RAGEI como documentos de revisión externa, cálculos preliminares, entre otros.

Fuente: DGEE – MINEM



La información citada en la tabla superior es administrada por los técnicos de la DGEE, quienes al mismo tiempo son los que se encargan de ingresar los documentos requeridos en el portal web del INFOCARBONO.

3.3. Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI

El RAGEI fue sometido a un proceso de control de calidad con la finalidad de evitar posibles errores, los mismos que se puedan suscitar por una mala transcripción de los datos, errores en la conversión de unidades, la ejecución de las estimaciones a través de fórmulas automatizadas,

entre otros. Este proceso se ha realizado siguiendo las recomendaciones de las Directrices del IPCC de 2006 y se han aplicado tanto para los niveles de actividad, la planilla de cálculo y los datos y resultados presentados en el siguiente reporte.

Adicionalmente, es importante mencionar que el RAGEI fue revisado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA por sus siglas en inglés) y la Agencia para Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), ambas de los Estados Unidos, durante el proceso de revisión externa realizado al INGEI 2014 y que representan una acción de garantía de la calidad solicitado por el Estado Peruano.

3.3.1. Control de calidad

A continuación, se presentan los procedimientos generales de control de calidad aplicados al RAGEI 2016.

Tabla 2. Procedimientos generales de control de calidad 2016

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por MINEM
Efectuar la verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación con la información relativa a las categorías y garantizar que estén registrados y archivados correctamente.	Se verificó que los datos de actividad, los factores de emisión y otros parámetros (factores de conversión) han sido registrados y archivados correctamente.
Confirmar que las referencias bibliográficas estén citadas correctamente en la documentación interna.	Se evitaron errores de transcripción cerciorándose que los datos de entrada están bien referenciados.
Efectuar la verificación cruzada de una muestra de datos de entrada de cada categoría (fueran mediciones o parámetros utilizados en los cálculos) para detectar errores de transcripción.	Se realizaron revisiones de datos aleatoriamente garantizando que estos han sido tomados correctamente.
Reproducir un conjunto de cálculos de emisiones y absorciones.	Se reprodujeron una serie de cálculos de forma externa a los cálculos propios del RAGEI con fines comparativos y aseguramiento de cálculos realizados.
Utilizar un método de aproximación simple que arroje resultados similares al del cálculo original y más complejo, para garantizar que no haya errores de entrada de los datos ni errores de cálculo.	No se implementó.
Controlar que las unidades estén identificadas correctamente en las planillas de cálculos.	Se revisó minuciosamente que las unidades utilizadas figuren en la planilla de cálculo.
Controlar que se mantengan las unidades correctamente desde el comienzo hasta el final de los cálculos.	Se revisó minuciosamente que las unidades utilizadas se apliquen consistentemente en la planilla de cálculo. Algunos errores fueron identificados en pleno proceso de cálculo obteniéndose resultados incoherentes.
Controlar que los factores de conversión sean correctos.	Los factores de conversión respecto a unidades fueron obtenidos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), por sus siglas en inglés). Los factores de conversión respecto a las propiedades de los combustibles se trabajaron en base a los datos que fueron entregados por los mismos productores de combustible.
Controlar que se usen correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.	No se implementó.

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por MINEM
<p>Confirmar que los pasos correctos para el procesamiento de la información se encuentren bien representados en la base de datos.</p>	<p>Se constató a través de análisis de balance de masa, siempre que haya sido factible, que toda la información referida a niveles de actividad ha sido debidamente utilizada.</p> <p>Se compararon los valores utilizados para factores de conversión como poder calorífico y densidad con otras fuentes internacionales de manera que se asegura la utilización de datos coherentes.</p> <p>Se realizaron aleatoriamente algunos cálculos de forma independiente obteniéndose los mismos resultados que figuran en la planilla de cálculo utilizado.</p>
<p>Confirmar que las relaciones de los datos se encuentren bien representadas en la base de datos.</p>	<p>Se realizó la trazabilidad de los datos para de esta manera asegurar que los datos están bien representados.</p>
<p>Garantizar que los campos de datos estén bien identificados y contengan las especificaciones de diseño correctas.</p>	<p>No se implementó.</p>
<p>Garantizar que se archive la documentación adecuada de la estructura y el funcionamiento de la base de datos y del modelo.</p>	<p>Toda la documentación referida a datos utilizados directa o indirectamente (como insumo para la estimación requerida) ha sido debidamente archivada por el compilador encargado de la DGEE</p>
<p>Identificar parámetros (p. ej. datos de la actividad, constantes) comunes a muchas categorías y confirmar que haya coherencia en los valores usados para estos parámetros en los cálculos de emisión/absorción.</p>	<p>Se compararon resultados obtenidos en distintas fuentes de emisión de GEI que requieren del mismo factor de emisión o conversión de manera que se aseguró la coherencia de los mismos.</p>
<p>Controlar que los datos de emisiones y absorciones estén agregados correctamente de los niveles inferiores a los niveles superiores de generación de informes, al elaborar los resúmenes.</p>	<p>No se implementó</p>
<p>Controlar que se transcriban correctamente los datos de emisiones y absorciones entre los diferentes productos intermedios.</p>	<p>Se ha asegurado que los resultados obtenidos por primera vez han ido escalando de forma correcta hasta los resultados finales.</p>
<p>Controlar que los antecedentes de quienes proporcionan el dictamen de expertos para las estimaciones de incertidumbres sean adecuados.</p>	<p>No se implementó.</p>
<p>Comprobar que se registren los antecedentes, las hipótesis y los dictámenes de expertos.</p>	<p>No se implementó.</p>
<p>Comprobar que las incertidumbres calculadas estén completas y hayan sido calculadas correctamente.</p>	<p>Se verificaron los cálculos realizados a través de una revisión minuciosa a los cálculos realizados.</p>
<p>De ser necesario, duplicar los cálculos de incertidumbre de una muestra pequeña de las distribuciones de probabilidad usadas por los análisis de Monte Carlo (por ejemplo, mediante los cálculos de incertidumbre según el Método 1).</p>	<p>No se implementó.</p>
<p>Controlar la coherencia temporal de los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.</p>	<p>Se compararon los resultados de las emisiones de GEI según fuentes entre todos los inventarios desarrollados a manera de asegurar la coherencia entre dichos resultados.</p>
<p>Verificar la coherencia del algoritmo/método utilizado para los cálculos a través de la serie temporal.</p>	<p>La serie de datos temporales se utilizó para garantizar la coherencia de los resultados.</p>

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por MINEM
Verificar los cambios metodológicos y de datos que producen nuevos cálculos.	Se verificaron los cambios metodológicos en los inventarios actualizados.
Controlar que los efectos de las actividades de mitigación queden reflejados correctamente en los cálculos de la serie temporal.	No se implementó.
Confirmar que se declaren las estimaciones para todas las categorías y para todos los años, a partir del año de base correspondiente, hasta el período del inventario actual.	Se identificaron fuentes que anteriormente no fueron consideradas, estas se han actualizado en todos los inventarios elaborados.
Para las subcategorías, confirmar que quede cubierta la categoría en su totalidad.	Se han considerado todas las fuentes de emisión de GEI aunque no al nivel de detalle requerido.
Proporcionar una definición clara de «Otro» tipo de categorías.	No se dio el caso
Controlar que se documenten los vacíos de datos conocidos que producen estimaciones incompletas, incluida una evaluación cualitativa de la importancia de la estimación respecto de las emisiones totales (p. ej., las subcategorías clasificadas como «sin estimar»)	No se implementó.
Para cada categoría, deben compararse las estimaciones actuales del inventario con las estimaciones anteriores, si están disponibles. Si hay cambios significativos o divergencias de las tendencias esperadas, volver a controlar las estimaciones y explicar las diferencias. La existencia de cambios significativos en las emisiones o absorciones de los años anteriores puede indicar posibles errores de entrada o cálculo.	Se han comparado los resultados obtenidos con los de inventarios anteriores, encontrándose valores cercanos y por tanto coherentes. Para los casos de valores irregulares se revisaron los datos de origen.
Controlar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones agregadas divididas por los datos de la actividad) en la serie temporal. - ¿Algún año presenta valores erráticos no explicados? - Si se mantienen estáticos en toda la serie temporal, ¿están capturándose los cambios en las emisiones o absorciones?	No se implementó.
Verificar si se advierten tendencias inusuales e inexplicadas para los datos de la actividad u otros parámetros en la serie temporal.	Se verificó y se contrastó con los respectivos niveles de actividad.
Comprobar que exista documentación interna detallada que respalde las emisiones y permita la reproducción de las estimaciones de emisión, absorción e incertidumbre.	Se dispone de todas las referencias a la información utilizada en el RAGEI trabajado.
Comprobar que los datos del inventario, los datos de respaldo y los registros del inventario se archiven y guarden para facilitar la revisión detallada.	Se dispone de una carpeta en donde se almacena toda la información digital utilizada para el proceso de cálculo del RAGEI.
Controlar que el archivo esté cerrado y se conserve en sitio seguro, una vez finalizado el inventario.	Una vez finalizado se creó una copia al informe elaborado y la planilla de cálculo empleado, ambos archivos poseen seguridad a través de una contraseña.
Controlar la integridad de los arreglos para el archivo de datos de los organismos externos participantes en la elaboración del inventario.	No se implementó.

Fuente: DGEE-MINEM

Adicionalmente, se han considerado los siguientes procedimientos de control de calidad:

Tabla 3: Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2016

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por MINEM
Control de calidad de los factores de emisión por defecto	
Al utilizar factores de emisión por defecto del IPCC, es una buena práctica evaluar la aplicabilidad de estos factores a las circunstancias nacionales. Esta evaluación puede incluir el examen de las condiciones nacionales comparadas con el contexto de los estudios sobre los cuales se basaron los factores de emisión por defecto del IPCC. Si no hay información, esto debe ser considerado en el análisis e incertidumbre.	No se desarrolló esta acción
Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad respecto de las fuentes reales del país (aplica, aunque solo estén disponibles datos para un pequeño porcentaje de sitios o plantas).	No se disponen de factores de emisión de plantas productoras por lo que no se pudieron realizar comparaciones a ese nivel.
Control de calidad de la elaboración de factores de emisión nacionales – Gas Natural	
Los factores de emisión se basan en ensayos específicos del sitio o del nivel de la fuente, se debe controlar si el programa de medición incluyó los procedimientos de CC adecuados.	Los datos requeridos fueron obtenidos por la empresa Pluspetrol Perú Corporation S.A. No se consultó sobre la existencia de procedimientos de CC pero se comparó la coherencia con los datos obtenidos para los años 2005, 2010, 2012 y 2014.
Para uso de datos secundarios, tratar de determinar si las actividades de CC realizadas durante la elaboración original de los datos son coherentes con los procedimientos de CC y si se identificaron y documentaron las limitaciones de los datos secundarios.	No se desarrolló esta acción.
Analizar si los datos fueron sometidos a la revisión de los pares y registrar el alcance de dicha revisión.	No se desarrolló esta acción.
Investigar la existencia de posibles conflictos de interés.	El desarrollo de este factor de emisión no genera ningún conflicto de interés.
Comparar los factores específicos del país con los factores de emisión por defecto del IPCC pertinentes. Las diferencias sustanciales deben explicarse o determinar si es un problema de calidad de la información.	Se comparó el valor obtenido con el valor por defecto del IPCC obteniéndose una variación de +0.05%.
Comparaciones de factores de emisión entre países (comparables), las cuales puede combinarse con tendencias históricas trazando, para diferentes países, el valor del año de referencia (p. ej. 1990), el valor del año más reciente y los valores mínimo y máximo.	No se desarrolló esta acción
Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad respecto de las fuentes reales del país (aplica, aunque no estén disponibles para todos los sitios o plantas).	No se disponen de factores de planta por lo que no se realizó esta acción.

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por MINEM
Control de calidad de datos de actividad a un nivel nacional.	
Evaluar y documentar las actividades de CC asociadas al dato nacional, determinando si cumple con los procedimientos de CC general del inventario	Se realizaron acciones de verificación de transcripción de los datos a través de muestreo aleatorio y análisis de balance de masa.
Siempre que sea posible, debe efectuarse un control de comparación de los datos de la actividad nacional con fuentes de datos de la actividad compilados en forma independiente. Ej. datos de estadística ganadera con estadísticas de FAO o consumos de combustible con los datos de Agencia Internacional de Energía (AIE).	<p>Los datos de actividad en su mayoría han sido obtenidos de fuentes primarias, de las que se desconoce si tras esta existe o no un adecuado control de la calidad.</p> <p>No se realizaron comparaciones con fuentes internacionales.</p>
Comparaciones con muestras a nivel sub-nacional o a nivel de plantas. Deben ser representativas y que la técnica de extrapolación capture bien la población total analizada.	Se compararon algunos datos entre diferentes fuentes, por ejemplo, los datos de consumo de combustible para la generación de electricidad obtenidos del anuario Estadístico de Electricidad versus los del Comité de Operaciones Económicas del Sistema Interconectado Nacional encontrándose pocas diferencias. Según la opinión de un especialista técnico de la Dirección General de Electricidad, sucede que: “la Dirección General de Electricidad en el marco de sus funciones y las disposiciones normativas vigentes, recibe información mensual de las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras sobre las estadísticas del desarrollo de sus actividades en el mercado eléctrico, cuya cobertura es a nivel nacional. En cuanto a la información que proporciona el COES, entendemos que solo se circunscribe a las unidades generadoras que están asociadas a dicho Organismo, que, si bien es cierto, a nivel de energía su representatividad es significativa, no cierra el universo de todas las empresas y unidades que participan en el país”.
Controlar de tendencia de los datos de la actividad. Dado que se suponen cambios relativamente coherentes año a año, todo cambio sustancial debe documentarse y de ser posible explicar la ausencia de errores.	Se compararon los datos de actividad con los datos históricos (ver capítulo 4.5) para identificar posibles irregularidades entre los datos. Los datos siempre han sido a nivel nacional obtenidos de la misma fuente.

Fuente: DGEE – MINEM

3.3.2. Garantía de calidad

Como se mencionó, el INGEI 2014 fue revisado por la EPA y el RAGEI del sector Energía estuvo a cargo del especialista *John Watterson* quien dio algunos comentarios:

a) Comentario 1: Sobre la Transparencia

El informe de combustión estacionaria tiene varios buenos elementos de transparencia. Se requiere trabajar en armonizar los títulos de los capítulos, así como también detallar y clarificar detalles. Las hojas de cálculo sectoriales incrementan en gran medida la transparencia del inventario del sector energía, aunque aún se necesitan algunas mejoras en estas hojas de cálculo. Felicitamos a Perú por este trabajo.

Acción tomada: Se ha mejorado la estructura de los capítulos adecuando además los títulos de los mismos.

b) Comentario 2: Sobre el Análisis de categorías principales

El revisor no pudo identificar el análisis de categorías principales. Es importante que Perú complete este análisis, y no requeriría de mucho esfuerzo.

Acción tomada: El análisis de categorías principales del año 2014 se realizó en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2014 (INGEI 2014). Y de igual forma, el correspondiente al 2016, se realizará en el INGEI 2016.

c) Comentario 3: Sobre la Calidad de datos

Los datos derivados del balance de energía aparentan ser razonables, pero existen algunas brechas en los datos de actividad. Por ejemplo, maquinaria de transporte de todo terreno y minas de carbón subterráneas cerradas. Los factores de emisión son de Nivel 1 según IPCC, con la excepción del gas natural que es de Nivel 3.

Acción tomada: Se mantienen los niveles de los factores de emisión pasados, se intentó obtener mejores niveles para la quema de diésel y gasolina, pero no se obtuvieron buenos resultados.

d) Comentario 4: Sobre la Exhaustividad

El inventario está en gran medida completo. Se requiere aún trabajar en realizar algunas estimaciones.

Acción tomada: Se han mantenido las emisiones de las fuentes de emisión de GEI de la estimación anterior. Se intentó adicionar emisiones por derrames sin embargo no se encontró el factor de emisión respectivo.

e) Comentario 5: Sobre la Comparabilidad

Las directrices 2006 del IPCC han sido utilizadas. Los factores de emisión de Nivel 1 se utilizan casi de manera exclusiva.

Acción tomada: Todo sigue igual.

f) Comentario 6: Sobre la Coherencia en series temporales

Existen algunas dificultades para el Perú en referencia a la elaboración de series temporales a años anteriores al 2000. Esto no es una limitación mayor. Perú debería concentrarse en mejorar la exactitud en años más recientes, especialmente en cualquier año que se haya utilizado como un comienzo y fin en objetivos de mitigación de GEI.

Acción tomada: Se han realizado mayores esfuerzos para los últimos años. El Balance Nacional de Energía, correspondiente al año 2017, ha actualizado información sectorial desde el año 2000, lo cual será incorporado en el desarrollo del próximo RAGEI.

g) Comentario 7: Sobre la Mejora continua

Existe una clara evidencia del plan de mejora para las fuentes estacionarias y móviles. Esto es una buena práctica, y este plan debe integrarse al del sistema del inventario nacional. Este plan debería ser guiado por el análisis de categorías principales.

Acción tomada: Se continúa realizando mejoras a las estimaciones.

Adicionalmente, en la Tabla 4, se presenta mayor detalle de las observaciones encontradas y las acciones tomadas.

Tabla 4. Comentarios recibidos por revisor internacional y acciones tomadas

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
1	General/ Transversal para el sector energía Combustión estacionaria		<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El informe de combustión estacionaria y emisiones fugitivas <u>está muy bien presentado y de una manera muy clara.</u> • Tiene un buen resumen ejecutivo y los capítulos ofrecen un buen nivel de detalle sectorial. • La Tabla 1 en el resumen ejecutivo presenta: “Medidas de mejora implementadas en el RAGEI (2014) basadas en la revisión del equipo sectorial.” Esto hace que sea más visible el progreso realizado en la elaboración del inventario, desde la última versión del inventario. • Perú ha desarrollado una serie de hojas de cálculo para realizar las estimaciones de emisiones sectoriales. Estas representan un excelente enfoque para registrar el enfoque utilizado para realizar las estimaciones de emisiones GEI. • Perú no incluye qué potenciales de calentamiento global han utilizado. 	<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener esta calidad • Mantener esta calidad • Mantener esta calidad • Asegurarse que las fuentes de datos de actividad y factores de emisión sean claramente enlistadas en las hojas de datos. Asegurarse que los factores de emisión del IPCC hayan sido claramente identificados y referenciados a las tablas de buenas prácticas del IPCC. • Asegurar que los factores no hayan sido incluidos en las fórmulas, pero hayan sido utilizados utilizando Rangos de celdas con título. • Perú debe declarar qué potenciales de calentamiento global están utilizando. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo, se mantiene - De acuerdo, se mantiene - De acuerdo, se mantiene - Fuentes de los datos de actividad están bien referenciados. - De acuerdo - Se declaran los potenciales de calentamiento global utilizados.

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Coherencia (Coherencia en series temporales):</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú indica que necesita analizar la coherencia de series temporales de los balances nacionales de energía. Perú indica que las emisiones GEI han sido estimadas utilizando la Guía N ° 1: Elaboración del informe anual de gases de efecto invernadero y emisiones fugitivas, así como también las directrices 2006 del IPCC. Perú presenta secciones específicas en el informe sobre la coherencia de series temporales. Perú indica que no ha actualizado las emisiones de 1994 ya que, hasta la fecha, los datos y los métodos utilizados para el cálculo no han sido obtenidos. Se está considerando actualizar las estimaciones de este año si los datos pueden ser referenciados. 	<p>Coherencia (Coherencia en series temporales):</p> <ul style="list-style-type: none"> Esto es importante y debería priorizarse. Los esfuerzos deben enfocarse en los años más recientes del inventario y cualquier año que haya sido utilizado para las líneas base de esfuerzos de mitigación. Este enfoque asegurará que se mantenga la coherencia de series temporales. Definir de manera clara, cuáles ecuaciones se han utilizado para realizar las estimaciones de emisiones. Perú debe continuar suministrando esta información. Nosotros recomendamos que Perú de prioridad en el desarrollo de estimaciones de emisiones GEI para años más recientes, y una vez que el año reciente estén completos y sean exactos, entonces deberá priorizarse re-evaluar el año 1994. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se han realizado esfuerzos para todos los inventarios anteriormente elaborados. - De acuerdo - De acuerdo, las ecuaciones figuran en el reporte. - De acuerdo - De acuerdo, se han priorizado las estimaciones desde el año 2000 hacia adelante.

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Exactitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú indica que necesita considerar las buenas prácticas del IPCC para asegurar que no existe una doble contabilización. Perú ha finalizado un estimado de la incertidumbre utilizando el enfoque 1 del IPCC sobre propagación de error para 1A (Actividades de quema de combustible) – La fuente más grande en este sector. Esto ayuda de sobremanera para entender las fuentes asociadas con las incertidumbres más grandes y ayuda a priorizar las actividades del desarrollo del inventario. Perú no ha realizado un análisis de categorías principales. 	<p>Exactitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las directrices del IPCC indican que es importante evitar la doble contabilización. Si se revisan los datos del balance de energía y la comunicación entre expertos sectoriales, y se realiza el enfoque de referencia del IPCC, podrá ayudar a identificar cualquier doble conteo. Los estimados de incertidumbre asociados a las emisiones CH₄ y N₂O en 1A1ai parecen ser muy bajos, y deberían ser revisados. Los estimados de incertidumbre en la Tabla 8 del resumen ejecutivo para N₂O parecen ser muy altos y deberían de ser revisados, o quizás exista un error tipográfico. Es particularmente importante que se realice un análisis de categorías principales. Esto ayudará a priorizar las mejoras al inventario GEI nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo - Se revisaron los factores de emisión, estos son de baja incertidumbre porque los datos de actividad corresponden a: por sondeo. - Se revisó dicha sección. - El análisis de categorías principales del año 2014 se realizó en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2014 (INGEI 2014). Y de igual forma, el correspondiente al 2016, se realizará en el INGEI 2016.
			<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú no ha completado un cálculo con el método de referencia según el capítulo 6 del volumen 2 de las directrices 2006 del IPCC. Perú ha finalizado un análisis de incertidumbres cubriendo todas las categorías principales del sector energía, siguiendo las metodologías del IPCC. Este análisis incluye la incertidumbre en los niveles y en la tendencia. 	<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Completar un cálculo con el método de referencia es una tarea importante porque es clave en el control de calidad en la evaluación del inventario de CO₂ del Perú. Perú podría utilizar el software del IPCC 2006 que contiene un módulo para método de referencia, y es sencillo de utilizar. Esto es una buena práctica y ayuda a priorizar mejoras en el inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se ha realizado el método de referencia. - Se ha realizado nuevamente el análisis de la incertidumbre.

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las directrices 2006 del IPCC han sido utilizadas como la base para la metodología de cálculo. Esto ayuda que el inventario GEI del Perú sea comparable con otros inventarios GEI elaborados por las Partes de la UNFCCC. En algunas instancias existen limitaciones en los datos del balance nacional de energía que afectan el nivel sectorial que podría ser suministrado. Por ejemplo, el uso de combustibles a nivel comercial y residencial no pueden ser separados del balance nacional de energía. 	<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esto es una Buena práctica. Perú debe continuar haciendo esto. Intentar mejorar la comparabilidad con otros inventarios nacionales mediante la separación el uso de combustibles, lo que también mejoraría la exactitud a nivel sub-sector. Entender el uso de combustible a nivel residencial es particularmente importante para implementar medidas de eficiencia energética. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo. Se mantiene. - Se han trabajado los niveles de actividad de manera que se ha separado la data del sector residencial y el comercial, tal como se requiere según las Directrices del IPCC.
			<p>Control de la calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Existe una clara evidencia que el Perú ha pensado sobre las medidas de control de calidad requeridas. La Tabla 60: "Procedimientos del control de calidad para fuentes estacionarias" establece estos pasos. En la sección 5.2.8, Perú identifica la necesidad de una revisión externa por expertos (Revisión de pares). Esto es un paso de las buenas prácticas del IPCC. Perú también quiere involucrar a los sectores público y privado. 	<p>Control de la calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú debe intentar implementar estos pasos. Perú debería concentrarse en realizar revisiones de los balances de provisión y entrega de combustible, y verificar las estimaciones de combustibles consumidos en la industria. Nosotros alentamos esta actividad de revisión de pares, así como también el involucramiento de los sectores público y privado. Las revisiones que se han llevado a cabo necesitan ser registradas, así como también se debe presentar un resumen a un alto nivel en la tabla. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo. El área de planeamiento revisará la tabla 60 indicada y evaluará su incorporación para el desarrollo del Balance Nacional de Energía. Es preciso señalar, que en el marco de la elaboración del BNE2017 se realizaron acciones de mejora metodológica, que han permitido mejorar la data sectorial, lo cual será incorporado en el próximo RAGEI.

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
2	Combustión estacionaria	Circunstancias Nacionales	<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sección 3.5 del resumen ejecutivo presenta el enfoque planeado para desarrollar el proceso del RAGEI. El detalle no se reproduce aquí. Los roles y responsabilidades, y los arreglos institucionales aparentan ser razonablemente claros. • La sección 3.5 del resumen ejecutivo, Tabla 16 presenta el sistema del archivo digital del RAGEI – 2014. • Las secciones presentan un “análisis de los resultados” el cual ofrece una idea de los motivos de las tendencias. 	<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perú podría elaborar un diagrama para mostrar como los arreglos institucionales funcionan en la práctica. También podría indicarse cómo se institucionaliza el proceso de finalización, verificación y reporte del inventario nacional. • Es importante que un registro sea elaborado cada vez que el inventario se actualice, para tener una “fotografía” de todo el material que se ha utilizado para cada inventario en específico. • Perú debe continuar suministrando la explicación sobre la tendencia de emisiones, el cual ayuda a gestionar la calidad de los resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo. Se explica en este reporte el proceso de elaboración del inventario. - De acuerdo, registro fue elaborado. - De acuerdo.

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las emisiones GEI indirectas no fueron estimadas. 	<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> La falta de estimados de emisiones GEI indirectas no es una limitación mayor, pero alentamos a Perú a considerar si se podrían estimar las emisiones indirectas. Se podría utilizar el software del IPCC 2006 para realizar estas estimaciones ya que el software incluye factores de emisión para emisiones indirectas. Estimar las emisiones GEI indirectas podría también a ayudar a crear conexiones con inventarios de calidad de aire. Desarrollar estimados de la incertidumbre para asegurar que las emisiones en el 1B (Emisiones fugitivas) estén completas. Perú indica que necesitan ayuda con esto, pero no está totalmente claro en qué categorías están teniendo problemas. Las emisiones de minas subterráneas abandonadas no han sido reportadas – pero si las minas están inundadas por completo, entonces no existen emisiones fugitivas. 	<ul style="list-style-type: none"> Por primera vez se han estimado las emisiones de gases precursores, las mismas que incluyen: Monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM). Se sostuvo una reunión de trabajo con los profesionales de la dirección competente dentro del MINEM, donde se acordó en revisar y gestionar acerca de la existencia de información necesaria para determinar las emisiones fugitivas por minas subterráneas abandonadas. Esperamos alcanzar un mayor detalle de esta actividad para el desarrollo del próximo RAGEI.
			<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las secciones ofrecen un “análisis de los resultados”, el cual da una idea de los motivos de las tendencias. 	<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Debería considerarse proporcionar cálculos de los factores de emisión implícitos para los combustibles, con el fin de ayudar a mejorar la comparabilidad con otros inventarios GEI. 	<ul style="list-style-type: none"> El reporte incluye el cálculo del factor de emisión estimado para el gas natural (quema). Este es el único calculado.
3	Combustión Estacionaria	Método	<p>Exactitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> El reporte comienza “Las emisiones nacionales GEI presentadas han sido estimadas utilizando la guía N ° 1: Elaboración del informe anual de los 	<p>Exactitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de las directrices 2006 del IPCC ayudarán a asegurar la exactitud de los estimados de emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo, se sigue lo señalado en las directrices del IPCC (2006).

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>gases de efecto invernadero del sector energía, categorías, categorías: Combustión estacionaria y emisiones fugitivas (aprobadas por la resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM, dentro del marco de implementación del INFOCARBONO) y las directrices 2006 del IPCC. Específicamente referido a energía, el volumen 2, capítulos 2, 4 y 6 han sido utilizados para estimar las emisiones de combustión estacionaria, emisiones fugitivas y las emisiones según el método de referencia respectivo”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizaron factores de emisiones específicos a nivel país para gas natural. Esto es bienvenido y ayudará a mejorar la exactitud de los estimados GEI de esta fuente. • Algunas notas al pie de las tablas En la sección 4.1 “Emisiones sectoriales del año 2014” del resumen ejecutivo, indican limitaciones en las metodologías actuales las cuales pueden afectar la exactitud y la exhaustividad. • Perú puede asumir que no existen emisiones CH₄ de minas subterráneas de carbón. • Perú normalmente utiliza los métodos IPCC de Nivel 1 de las directrices 2006 del IPCC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perú debería comparar el factor específico nacional de gas natural con aquel factor por defecto del IPCC incluido en las directrices 2006 del IPCC, y comentar sobre como este factor se encuentra dentro del rango de los valores por defecto, y si no se encuentra, comentar por qué no se encuentra en este rango. • Perú debe confirmar el estatus de emisiones CH₄ derivadas de minas subterráneas de carbón. Estos factores ayudan a suministrar suficiente exactitud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se ha realizado la comparación del factor de emisión nacional estimado para quema de gas natural con el proveído por el IPCC (por defecto). - Se sostuvo una reunión de trabajo con la dirección competente dentro del MINEM. Respecto a conocer el nivel de profundidad de las minas de carbón subterráneas para determinar el valor de factor de emisión a considerar, esta información no es reportada por las empresas mineras en el marco del sistema establecido por el MINEM (Declaración Anual Compartida).

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> En la sección 4.1 [emisiones sectoriales para el año 2014] del resumen ejecutivo, algunas notas al pie en las tablas indican que existen limitaciones en la metodología actual que pueden afectar la exactitud y exhaustividad. Perú indica sobre algunas fuentes dentro de la categoría de emisiones fugitivas que “no tienen información”, por lo tanto, no se han estimado. 	<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Entendido Perú debería intentar encontrar datos de actividad para estas fuentes. Si no existen sets de datos de actividad para estas fuentes, el Perú podría en este caso utilizar datos de proxy para estimar los niveles de actividad. Es improbable que este enfoque produzca estimados precisos, pero ayudará a tener un inventario completo. La exhaustividad es mucho más importante en esta etapa del desarrollo del inventario del Perú. 	<ul style="list-style-type: none"> Se sostuvo una reunión de trabajo con los profesionales de la dirección competente dentro del MINEM, donde se acordó en revisar y gestionar acerca de la existencia de información necesaria para determinar las emisiones fugitivas por minas subterráneas abandonadas. Esperamos alcanzar un mayor detalle de esta actividad para el desarrollo del próximo RAGEI.
			<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se utilizan metodologías incluidas en las directrices 2006 del IPCC. Esto maximiza la comparabilidad con inventarios de otros países. 	<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú debería continuar utilizando las directrices 2006 del IPCC. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo
4	Combustión estacionaria	Factor de emisión	<p>Transparencia</p> <ul style="list-style-type: none"> Factores de emisión por defecto han sido utilizados en base a las directrices 2006 del IPCC. Los factores utilizados son reproducidos en el informe. En algunos casos, los valores de calor neto de las directrices 2006 del IPCC han sido recalculados a unidades imperiales. En algunos casos, se han utilizado las densidades específicas de combustible por país. 	<p>Transparencia</p> <ul style="list-style-type: none"> No se encontraron errores en las revisiones llevadas a cabo sobre estos factores (CO₂, CH₄, N₂O) en base a las directrices 2006 del IPCC. Es una Buena práctica mantener las mismas unidades utilizadas en las directrices 2006 del IPCC a través de todos los cálculos del inventario. Es una Buena práctica comparar las densidades de los combustibles con los valores por defecto del IPCC. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo De acuerdo Se ha realizado la comparación entre los valores de las densidades

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú no ha podido estimar las emisiones de CH₄ de minas de carbón o quizás minas cerradas de carbón. Existe cierta ambigüedad en el informe. El informe indica que quizás pueda existir datos medidos disponibles para 1B2a venteo y la quema en antorcha, producción y refinación. 	<p>Exhaustividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> La producción de minería de carbón del Perú parece ser pequeña en comparación al total de carbón que Perú consume (al menos en el 2006). Esto sugiere que las emisiones derivadas de la minería de carbón pueden no ser grandes para Perú. Perú puede hacer un estimado aproximado de las emisiones de CH₄ basado en las cantidades total de carbón extraídas https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2006/myb3-2006-pe.pdf Perú podría investigar si estos datos medidos pueden ser utilizados para verificar las estimaciones de emisiones GEI. Este no es un tema prioritario. 	<ul style="list-style-type: none"> Se sostuvo una reunión de trabajo con los profesionales de la dirección competente dentro del MINEM, donde se acordó en revisar y gestionar acerca de la existencia de información necesaria para determinar las emisiones fugitivas por minas subterráneas abandonadas. Esperamos alcanzar un mayor detalle de esta actividad para el desarrollo del próximo RAGEI. En el marco del desarrollo de los BNE se buscará gestionar esa información.
			<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se utilizan factores por defecto de las directrices 2006 del IPCC. 	<p>Comparabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esto ayuda a la comparabilidad con otros inventarios nacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo, se mantiene
5	Combustión estacionaria	Datos de actividad	<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los datos de actividad detallados se encuentran en las hojas de cálculo. 	<p>Transparencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perú debería asegurarse que la Fuente de los datos de actividad esté claramente registrada en las hojas de cálculo. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo. Datos de actividad están claramente registrados.
6	Combustión estacionaria	Reporte	<p>Transparencia</p> <ul style="list-style-type: none"> El informe en general es transparente, con claras evidencias que se han seguido las directrices 2006 del IPCC. 	<p>Transparencia:</p>	

N°	Categoría del IPCC	Categoría metodológica	Problema/Brecha/Observación	Potencial de mejora/Requerimiento de creación de capacidades	Acciones tomadas
			Exhaustividad: <ul style="list-style-type: none"> El informe cubre la mayoría del material requerido para un informe del inventario completo 	Exhaustividad: <ul style="list-style-type: none"> Perú deberá completar y documentar el análisis de categorías principales. 	- El análisis de categorías principales del año 2014 se realizó en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2014 (INGEI 2014). Y de igual forma, el correspondiente al 2016, se realizará en el INGEI 2016.

Fuente: DGEE-MINEM

De manera resumida se presenta a continuación las mejoras realizadas en el RAGEI 2016 y sus respectivos impactos.

Tabla 5. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI (2016) en base a la revisión del equipo sectorial

N°	Descripción de la acción de mejora	Categoría involucrada	Impacto en la estimación de tCO ₂ e de la serie temporal u otros atributos del RAGEI
1	Se ha corregido una subestimación existente en las estimaciones de GEI anteriores. Ahora si se están contabilizando las emisiones de metano y óxido nitroso generados por la quema de biomasa/biocombustibles. Se han actualizado las estimaciones de los años: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016.	1A1, 1A2 y 1A4	Se mejora la exactitud de los resultados de todas las estimaciones realizadas. Esto aumenta aproximadamente 800 GgCO ₂ eq.
2	Se ha podido desagregar, desde el punto de vista de la demanda, los consumos de combustibles de los sectores Residencial y Comercial. Anteriormente se presentaban de forma conjunta.	1A4a y 1A4c	Se tiene mayor conocimiento del consumo específico de cada sector.
3	Se ha corregido el error correspondiente a la fuente Emisiones fugitivas por la industria del gas natural, antes no se consideraba el venteo por transporte, no se consideraba la producción en campo y en el procesamiento se consideraba gas ácido cuando realmente se trata de gas dulce.	1B2b	Se corrige error y mejora la precisión de las estimaciones anteriores. Esto aumenta aproximadamente 4,800 GgCO ₂ eq.
4	Se han incluido los valores de Potencial de Calentamiento Global (PCG) en la hoja del libro de cálculo: Fact. con.	1A	No genera impacto o variabilidad en las emisiones de GEI pero si permite mejor trazabilidad en las emisiones calculadas. Los valores utilizados corresponden a los del segundo reporte de evaluación del IPCC (AR2).
5	Se realizó un análisis comparativo del factor de emisión nacional obtenido por quema de combustible del gas natural respecto a los valores del IPCC	1A	Permite reconocer si el valor obtenido está dentro de lo establecido por el IPCC.
6	Se realizó un análisis comparativo de los factores de conversión utilizados para los combustibles considerados (densidades y valor calórico neto).	1A	Permite reconocer que tanta variabilidad existe entre los valores usados y los del IPCC.
7	Se han estimado las emisiones de los gases precursores de GEI: CO, NO _x , SO _x y COVDM.	1A	Se conocen los impactos al ambiente de las distintas fuentes del sector energía.
8	Se ha creado un registro donde se almacenan todos los inventarios y RAGEI elaborados además de todos los insumos utilizados.	Todas	Permite la revisión efectiva del proceso seguido y la constatación de los resultados obtenidos.

Fuente: DGEE – MINEM

4. METODOLOGÍA APLICADA

4.1. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

El RAGEI del Sector Energía - Combustión estacionaria y emisiones fugitivas ha sido elaborado aplicando la metodología que establece las Directrices del IPCC de 2006. Específicamente se utilizó el volumen 2 referido a energía, de este los capítulos 2, 4 y 6 para estimar las emisiones por combustión estacionaria, emisiones fugitivas y las emisiones según el método de referencia respectivamente.

Adicionalmente, se ha utilizado el compendio de metodologías para la cuantificación de GEI de las industrias del petróleo y el gas natural de 2009 para determinar el factor de emisión nacional para la combustión del gas natural.

Figura 1. Documentos de referencia utilizados en la elaboración del RAGEI



Fuente: DGEE MINEM

Haciendo uso de los documentos anteriormente señalados, que orientan y definen los datos de actividad y factores de emisión más pertinentes, se han estimado las emisiones de GEI generadas por el sector energía. Las ecuaciones utilizadas para las fuentes de emisión de GEI aquí consideradas se presentan en capítulos posteriores.

Es una buena práctica, según lo señala el IPCC, estimar las emisiones de otros gases precursores y/o indirectos. Para el presente RAGEI se han podido estimar por primera vez los gases precursores de GEI.

Tabla 6. Categoría de emisiones del sector energía y las emisiones estimadas

Codificación	Categorías de fuentes y sumideros	GEI generados – directos e indirectos	GEI estimados en el RAGEI 2016
1	Energía		
1A	Quema de combustibles		
	1A1 Industrias de energía	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
	1A2 Industrias de manufactura y construcción	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
	1A3 Transporte	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

Codificación		Categorías de fuentes y sumideros	GEI generados – directos e indirectos	GEI estimados en el RAGEI 2016
			SO ₂ , NO _x , CO, COVDM	SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
	1A4	Otros sectores	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1B		Emisiones fugitivas provenientes de fabricación de combustibles		
	1B1	Combustibles sólidos	CO ₂ , CH ₄	CO ₂ , CH ₄
	1B2a	Petróleo	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	1B2b	Gas natural	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que en el Perú no se desarrollan actividades de transporte y almacenamiento de CO₂, esta fuente no se ha considerado en la tabla 6.

Finalmente, es importante señalar que, si bien se ha tratado de seguir las indicaciones descritas en las directrices del IPCC, algunas fuentes de emisión de GEI han sido calculadas según como se dispone la información a nivel nacional. Dichos ajustes en el proceso de cálculo se referencian de forma apropiada en la planilla de cálculo Excel y se sistematizan en la tabla a continuación.

Tabla 7. Cálculos ajustados del sector energía: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas

Codificación	Nombre original de la categoría/fuente IPCC	Justificación del cambio
1 A 1 a i	Generación de electricidad	Para el IPCC incluye las emisiones de todos los usos de combustible para la generación de electricidad de productores como actividad principal, excepto las centrales combinadas de calor y energía. Para fines de monitoreo interno, los resultados de esta fuente se dividen en aquellas instituciones que generan para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y para el Sistema Aislado (SA).
1 A 2 m	Industria no especificada	No se dispone a la fecha los consumos de combustible por los distintos tipos de industrias señaladas por el IPCC (hierro, pulpa, alimentos, etc.) a excepción de la industria minera, en ese sentido el RAGEI agrupa a todas estas fuentes en 1A2m, lo cual se mantendrá hasta tener información desagregada en el nivel requerido por las Directrices del IPCC de 2006.
1 A 2 i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Dado que este sector es el único sector industrial que posee información propia del consumo de combustible en los reportes oficiales actuales es que se considera de forma independiente. Cabe precisar que la energía consumida por esta actividad incluye las actividades extractivas e industriales.
1 A 4 a	Comercial/Institucional	El presente RAGEI presenta resultados para ambas fuentes y de forma conjunta. Entiéndase al sector institucional como al sector público. Se han actualizado las estimaciones anteriores considerando esta fuente.

Codificación	Nombre original de la categoría/fuente IPCC	Justificación del cambio
1 A 4 b	Residencial	Se presenta por primera vez esta fuente de forma independiente. Anteriormente se presentaba de forma conjunta con el sector comercial. Se han actualizado las estimaciones anteriores considerando esta fuente.
1 A 4 c	Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías	En el Balance Nacional de Energía (BNE) figura información para los sectores i) Agropecuario y ii) Pesquero (solo incluye el consumo de energía de las actividades de pesca extractiva e industrial).

Fuente: DGEE-MINEM

4.2. Metodología para el análisis de incertidumbre

Se ha desarrollado un análisis de la incertidumbre de forma separada para las fuentes de emisión de GEI de la sub – categoría: Actividades de quema de combustible (1A) y la sub – categoría: Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B).

El análisis de la incertidumbre de los resultados de las emisiones de GEI aquí presentado está basado en el nivel 1 del método de propagación del error obtenido en la Orientación de las Buenas Prácticas y Gestión de la Incertidumbre del IPCC 2000 (OBP 2000). Dicho método obtiene la incertidumbre por categorías individuales y además las tendencias entre un año de interés y el año base, el cual por indicaciones de MINAM es el 2010. Este método combina las incertidumbres tanto de los niveles de actividad sumados en el total nacional como de los factores de emisión. Los datos de entrada y resultados se presentan en el Anexo 2.

Dado que a nivel nacional no se cuentan con valores reales sobre la incertidumbre de los niveles de actividad, se han utilizado los valores dentro de los rangos que figuran en las Directrices del IPCC 2006.

Siguiendo la recomendación del IPCC, que señala textualmente que: “El compilador del inventario debe juzgar que tipo de sistema estadístico describe mejor las circunstancias nacionales”, se ha considerado que la información de datos de actividad usados en el RAGEI proviene de sistemas estadísticos menos desarrollados (utilizando un enfoque conservador). Según lo explicado por diversos especialistas del MINEM, en la actualidad no existen sistemas de información robustos y con buen control de la calidad por lo que es un punto que se debe mejorar. Para el 2016 la información utilizada proviene de sondeos que el MINEM ya realiza como parte de sus competencias.

4.2.1. Actividades de quema de combustibles

En el caso de existir rangos de valores de incertidumbre, siguiendo las recomendaciones del IPCC, se elige el valor promedio.

En relación a la incertidumbre de los Datos de Actividad las directrices para inventarios nacionales del IPCC indican los valores presentados en la tabla 8.

Tabla 8. Categorías de emisiones IPCC ajustadas a la realidad nacional – sector energía

Sector	Sistemas estadísticos bien desarrollados		Sistemas estadísticos menos desarrollados	
	Sondeos	Extrapolación	Sondeos	Extrapolación
Producción de la electricidad	Menos del 1%	3-5%	1-2%	5-10%
Combustión comercial, institucional y residencial	3-5%	5-10%	10-15%	15-25%
Combustión industrial (industrias que consumen mucha energía)	2-3%	3-5%	2-3%	5-10%
Combustión industrial (otros)	3-5%	5-10%	10-15%	15-20%

Fuente: Directrices IPCC 2006, volumen 2, capítulo 2, cuadro 2.15

Respecto a la incertidumbre de los factores de emisión, se han utilizado también los recomendados por las directrices del IPCC. En el caso del CO₂ el IPCC recomienda una incertidumbre del 7% mientras que para los otros gases son los que se detallan a continuación.

Tabla 9. Niveles de incertidumbre de los factores de emisión por combustión para metano y óxido nitroso

Sector	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Electricidad pública, cogeneración y calefacción de distritos	7%	50 - 150%	-90 - 900%
Combustión comercial, institucional y residencial	7%	50 - 150%	-90 - 900%
Combustión industrial	7%	50 - 150%	-90 - 900%

Fuente: Directrices IPCC 2006, volumen 2, capítulo 2, cuadro 2.12

Para el caso del N₂O, se ha utilizado un valor de incertidumbre de 405%, dado que el IPCC señala para este gas un rango de incertidumbre de un décimo a diez veces el valor de la media ((0.1+10)/2)/1.

Los valores que finalmente fueron usados son los siguientes:

Tabla 10. Niveles de incertidumbre determinados para los datos nacionales de los niveles de actividad

Código	Fuente	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1A1ai	Producción de electricidad (SEIN)	1.0%	1.0%	1.0%
1A1ai	Producción de electricidad (SA)	1.5%	1.5%	1.5%
1A1b	Refinación del petróleo	2.5%	2.5%	2.5%
1A1cii	Otras industrias de la energía	7.5%	7.5%	7.5%
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	12.5%	12.5%	12.5%
1A2m	Industria no especificada	12.5%	12.5%	12.5%
1A4a	Otros sectores: Comercial/Institucional	12.5%	12.5%	12.5%
1A4b	Otros sectores: Residencial	12.5%	12.5%	12.5%
1A4c	Otros sectores: Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías	12.5%	12.5%	12.5%

Fuente: DGEE - MINEM

Incertidumbre de emisiones de CO₂

Para el caso de la generación de electricidad (1A1ai) se optó aplicar, para Dato de Actividad, de Generación de energía eléctrica - SEIN el menor valor (1%) y para el caso de la Generación de energía eléctrica (SA) el valor de 1.5%. Esto porque la información es entregada por las mismas instituciones y recibe supervisión por parte del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).

Respecto a la refinación del petróleo (1A1b) y otras industrias de la energía (1A1cii) se optó por aplicar, para los Datos de Actividad, una incertidumbre del orden de 2.5% y 7.5% respectivamente puesto que estos son los valores promedio para la combustión industrial en sistemas estadísticos poco desarrollado en la combustión industrial de las industrias con alto consumo energético y otras, respectivamente.

En el caso de la industria no especificada y minería (1A2) y otros sectores (1A4) se ha trabajado con una incertidumbre de 12.5%, la cual es el promedio para la combustión industrial en sistemas estadísticos poco desarrollado en la combustión industrial de las industrias diferentes a las de alto consumo energético (denominada “otras”).

La incertidumbre del factor de emisión de CO₂ es de 7%, el cual se aplica a todos los tipos de combustibles. En el caso de la incertidumbre del factor de emisión del Gas Natural, que es calculado en base a información nacional el MINEM considera que el nivel de incertidumbre es menor al presentado por el IPCC⁵. Dado que no se ha realizado un análisis de expertos en base a las orientaciones del IPCC, y que los valores de incertidumbre por defecto pueden usarse tanto para los factores de emisión existentes (fueren específicos del país o tomados de las Directrices del IPCC), para el presente RAGEI se opta por mantener el uso del valor por defecto.

Incertidumbre de emisiones de CH₄ e incertidumbre de emisiones de N₂O

La incertidumbre de los datos a nivel de actividad sigue la misma racionalidad que lo explicado para el caso de la incertidumbre del CO₂, es decir poseen los mismos valores.

Respecto a los factores de emisión, en el caso del CH₄, para la Generación de electricidad (1A1ai) se ha considerado el promedio de los valores por defecto del rubro “Electricidad pública, cogeneración y calefacción de distritos” de la tabla 6. Para el caso de la refinación del petróleo (1A1b) y otras industrias de la energía (1A1cii) es el promedio de los valores por defecto del rubro “Combustión industrial” de la tabla antes mencionada.

En el caso del N₂O la incertidumbre del factor de emisión, para la Generación de electricidad (1A1ai) es el promedio de los valores por defecto del rubro “Electricidad pública, cogeneración y calefacción de distritos” de la tabla 6. Para el caso de la refinación del petróleo (1A1b) y otras industrias de la energía (1A1cii) es el promedio de los valores por defecto del rubro “Combustión industrial” de la tabla antes mencionada.

⁵ El IPCC ya menciona que las incertidumbres pueden ser inferiores a los valores del Cuadro 2.12 si se utilizan factores de emisión específicos del país. Se indica que es una buena práctica obtener las estimaciones de estas incertidumbres de los expertos nacionales, tomando en cuenta la orientación relativa a los dictámenes de expertos provista en el Volumen 1.

4.2.2. Emisiones fugitivas por la fabricación de combustibles

Los valores de incertidumbre utilizados son los siguientes:

a) Combustibles sólidos

Respecto a la incertidumbre de los niveles de actividad, según lo señalado en las Directrices del IPCC de 2006 (página 2.83) el valor es del 10%.

Para los factores de emisión la incertidumbre que se utiliza son los que recomienda el IPCC en la tabla a continuación.

Tabla 11. Incertidumbre de los factores de emisión de metano por la fabricación de combustibles sólidos

Minería	Nivel 1
Extracción	25%
Post-extracción	67%

Fuente: Directrices del IPCC de 200, Cuadro 4.1.2

b) Petróleo y gas natural

La incertidumbre para estas fuentes son las más difíciles de estimar en el sector energía según lo señalado en las Directrices del IPCC de 2006: *“Debido a la complejidad de la industria del petróleo y el gas, es difícil cuantificar las incertidumbres netas en el conjunto de los inventarios, los factores de emisión y los datos de actividad. Si bien se han hecho algunos análisis semicuantitativos, es necesario realizar un análisis cuantitativo más detallado”*.

Respecto a la incertidumbre de los niveles de actividad, según lo señalado en las Directrices del IPCC de 2006 (página 2.83) el valor es del 25%.

Los valores utilizados para estimar la incertidumbre de los cálculos se presentan a continuación:

Tabla 12. Incertidumbre de los factores de emisión de dióxido de carbono y metano por la fabricación de petróleo y gas natural

Categoría	Fuente de emisión	Incertidumbre (% del valor) CH ₄	Incertidumbre (% del valor) CO ₂	Incertidumbre (% del valor) N ₂ O
Perforación de pozos	1.B.2.a.ii o 1.B.2.b.ii	-12.5 a 800%	-12.5 a 800%	ND
Prueba de pozos	1.B.2.a.ii o 1.B.2.b.ii	-12.5 a 800%	-12.5 a 800%	-12.5 a 800%
Servicios a los pozos	1.B.2.a.ii o 1.B.2.b.ii	-12.5 a 800%	-12.5 a 800%	ND
Producción de petróleo	1.B.2.a.iii.	-12.5 a 800%	-12.5 a 800%	ND
Venteo de gas natural	1.B.2.b.i	ND	ND	ND
Quema en antorcha del gas natural	1.B.2.b.ii	ND	ND	ND

Categoría	Fuente de emisión	Incertidumbre (% del valor) CH ₄	Incertidumbre (% del valor) CO ₂	Incertidumbre (% del valor) N ₂ O
Producción de gas natural	1B2biii2	-40 a 250%	-40 a 250%	ND
Procesamiento del gas	1.B.2.b.iii.	-40 a 250%	-40 a 250%	ND
	1.B.2.b.ii	-75 a 75%	-75 a 75%	ND
Transmisión y almacenamiento del gas	1.B.2.b.iii.	-40 a 250%	-40 a 250%	ND
	1.B.2.b.iii.	-20 a 500%	-20 a 500%	ND
Distribución del gas	1.B.2.b.iii.	-20 a 500%	-20 a 500%	ND

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, pág. 4.55 y 4.60 (cuadro 4.2.5)

Para los casos de las categorías: Procesamiento del gas (1B2biii3) y Transmisión y almacenamiento del gas (1B2biii4), que poseen dos fuentes de emisión con valores de incertidumbre específicos se determinó un único valor de incertidumbre siguiendo el método planteado en la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC. Se aplicó la ecuación 6.3. (método para combinar incertidumbres) de dicho documento obteniéndose los siguientes valores de incertidumbre para los factores de emisión de dióxido de carbono y metano:

Tabla 13. Incertidumbre de los factores de emisión obtenidos por combinación de incertidumbres

Categoría	Incertidumbre CO ₂	Incertidumbre CH ₄
Procesamiento del gas	68.1%	104.8%
Transmisión y almacenamiento del gas	97%	99.6%

Fuente: DGEE - MINEM

4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal

Durante el proceso de elaboración del RAGEI del año 2016 se revisaron las planillas de cálculo desarrollados para las estimaciones anteriores. En base a las mejoras realizadas en la presente edición se actualizaron todas las estimaciones oficiales hasta la fecha preparados. Los cambios realizados en este reporte fueron:

- Se incorporó la contabilidad de las emisiones de CH₄ y N₂O generados por la quema de biomasa/biocombustibles.
- Se corrigió omisiones respecto al concepto de los datos de actividad usados dentro de las emisiones fugitivas procedentes de la producción, transporte y distribución de gas natural.
- Se modificó el cálculo de emisiones fugitivas de petróleo, modificando el dato de actividad y los factores de emisión.
- Se modificó de categoría a las emisiones de GEI provenientes de la producción de carbón vegetal, estas se incluyeron en el código 1A1cii.
- Se corrigió algunos factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O.

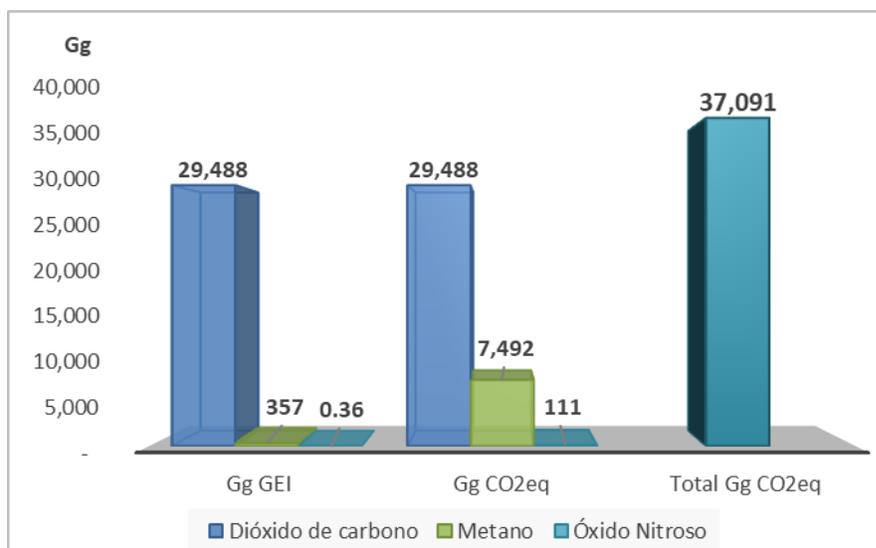
Todas las mejoras han sido incorporadas en los cálculos de los años 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000, existiendo data para poder procesarla. No se han aplicado métodos de extrapolación, interpolación u otros en el proceso de actualización de la serie temporal.

5. RESULTADO SECTORIAL

5.1. Análisis de resultados

El sector energía (excluido el sector transporte⁶) para el año 2016 ha emitido un total de 37,091 GgCO₂eq, las que contabilizan de forma conjunta emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O.

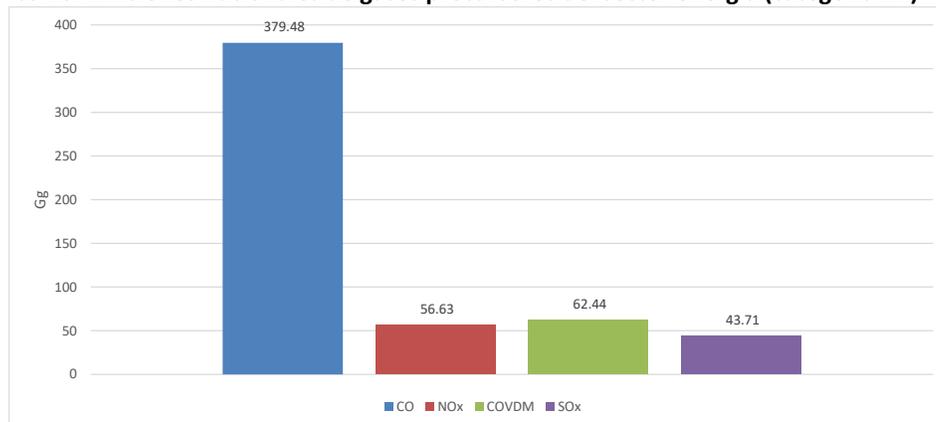
Gráfico 15. Emisiones nacionales según GEI del sector energía - 2016



Fuente: DGEE - MINEM

Además, se han estimado por primera vez las emisiones de gases precursores (monóxido de carbono – CO, óxidos de nitrógeno – NO_x, Compuestos orgánicos volátiles distintos al metano – COVDM, y dióxido de azufre – SO₂) para la categoría 1A: Actividades de quema de combustibles, teniéndose como resultados que para 2016 se han emitido 379 GgCO, 57 GgNO_x, 62 GgCOVDM y 44Gg SO₂.

Gráfico 16. Emisiones nacionales de gases precursores del sector energía (categoría 1A) – 2016



Fuente: DGEE - MINEM

⁶ Solo se incluye la fuente: transporte por tuberías según indicación del MINAM.

Tabla 14. Emisiones nacionales de GEI del sector energía (excluido transporte) – 2016

Categorías		CO ₂ neto (1) (2)	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	Otros gases halogenados con factores de conversión de equivalente de CO ₂	Otros gases halogenados sin factores de conversión de equivalente de CO ₂	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
1 ENERGÍA		29,487.6	356.8	0.4						379.5	56.6	62.4	43.7
1A	Actividades de quema de combustible	29,117.9	28.8	0.4						379.5	56.6	62.4	43.7
1A1	Industrias de la energía:	15,904.7	0.6	0.1						6.0	8.4	0.2	12.4
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	8,386.5	0.8	0.1						35.2	27.0	7.6	26.3
1A3	Transporte	5.9	0	0						0	0	0	0
1A4	Otros sectores	4,820.8	27.4	0.2						338.3	21.2	54.6	5.0
1A5	No especificado									NE	NE	NE	NE
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	369.7	328.0	0						NE	NE	NE	NE
1B1	Combustibles sólidos	NO	3.5	NO						NE	NE	NE	NE
1B2	Petróleo y gas natural	369.7	324.4	0						NE	NE	NE	NE
1B3	Otras emisiones provenientes de la producción de energía	NO	NO	NO						NE	NE	NE	NE
1C	Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	NO								NE	NE	NE	NE
1C1	Transporte de CO ₂	NO								NE	NE	NE	NE
1C2	Inyección y almacenamiento	NO								NE	NE	NE	NE

Fuente: DGEE – MINEM

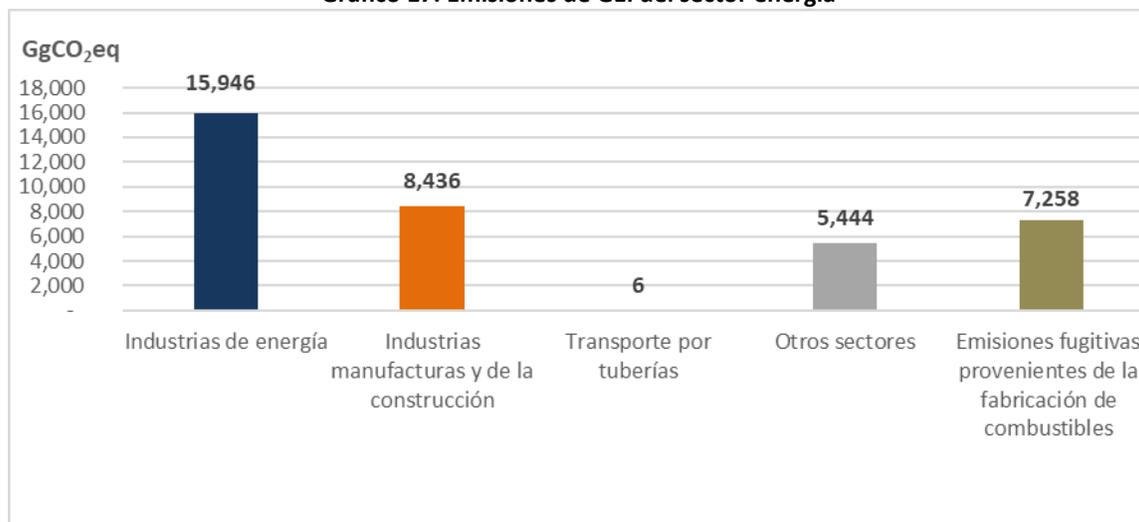
Nota: NO = No Ocurre, NE= No Estimado

De los resultados del presente RAGEI es necesario precisar lo siguiente:

- a) En la actualidad no se dispone de información desagregada de las industrias de pulpa, papel, alimentos, bebidas, tabaco, minería no metálica, madera, construcción, textiles y cuero. Todas estas han sido incluidas en la fuente: Otras industrias de manufactura y construcción (1A2b) y por eso llevan la codificación IE: Incluidas en otro lugar, cuando sean evaluadas en el RAGEI.
- b) Las emisiones de GEI derivadas del sector transporte, a excepción de la fuente: transporte por tuberías, no se consideran en este reporte dado que sus estimaciones le competen al MTC según lo establecido en el INFOCARBONO y por ende llevarán la codificación NE: No estimada, cuando sean evaluadas en el RAGEI.
- c) La minería para extracción del carbón que se desarrolla en el Perú se asume que es subterránea, en ese sentido no se generan emisiones por la minería de superficie y llevarán la codificación NO: No ocurre, cuando sean evaluadas en el RAGEI.
- d) Algunas fuentes dentro de la categoría emisiones fugitivas carecen de información por ende no han sido estimadas y llevarán la codificación NE: No estimada, cuando sean evaluadas en el RAGEI.
- e) En el Perú no se realizan actividades de almacenamiento y transporte de dióxido de carbono por lo que esta fuente llevará la codificación NO: No Ocurre, cuando sean evaluadas en el RAGEI.

La categoría que genera mayores emisiones de GEI es la de industrias de la energía (1A1), la cual emite 15,946 GgCO₂eq y representa el 43.0% de las emisiones estimadas en el presente RAGEI.

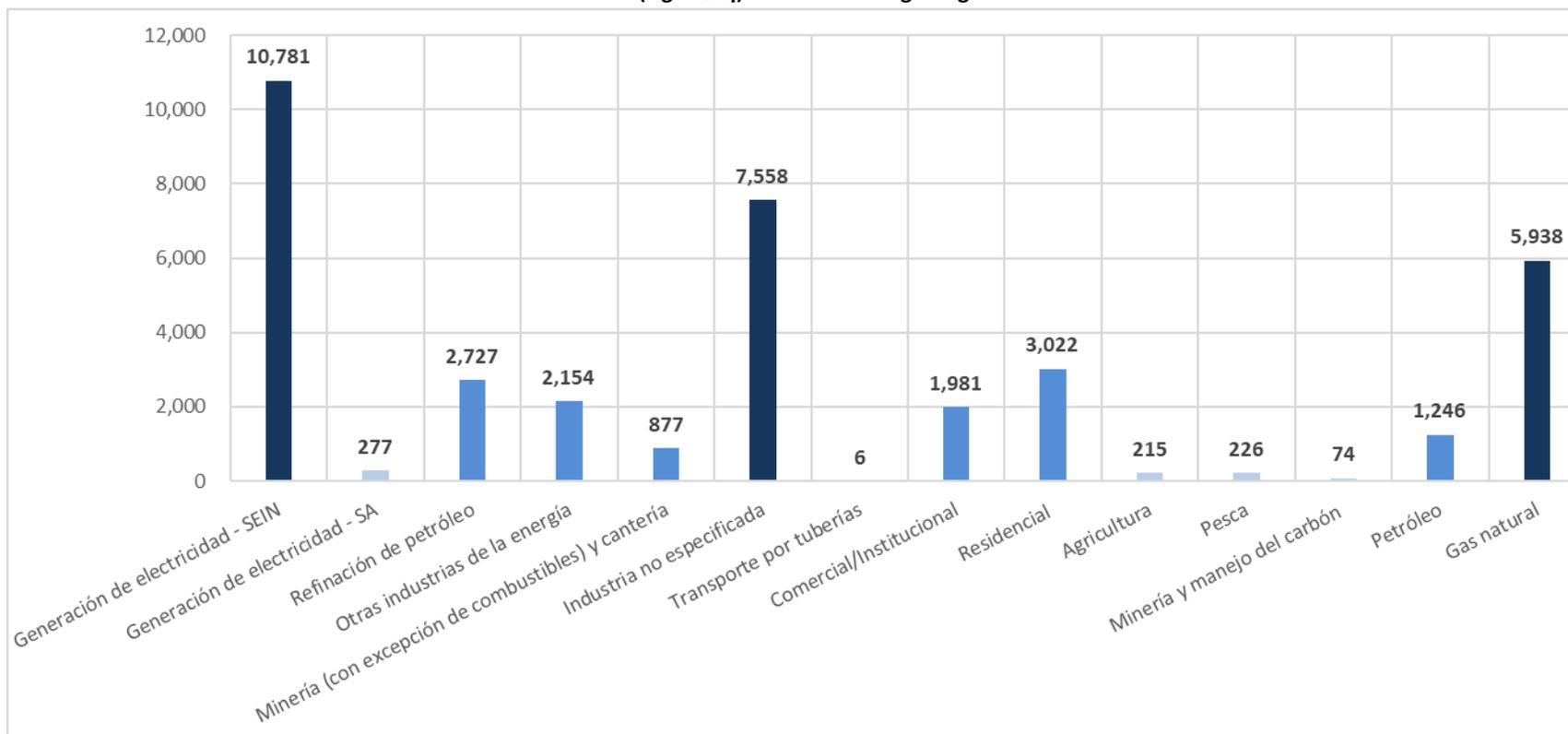
Gráfico 17. Emisiones de GEI del sector energía



Fuente: DGEE - MINEM

Un análisis según las principales fuentes de emisión de GEI se puede apreciar en el gráfico a continuación:

Gráfico 18. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) del sector energía según fuente de emisión-2016



Fuente: DGEE - MINEM

5.2. Análisis de incertidumbre

5.2.1. Quema de combustibles (1A)

La incertidumbre combinada resultó en 5.6% mientras que para la incertidumbre introducida en la tendencia esta resultó en un 4.1%. Ambas se consideran bajas, lo cual es importante porque indican que los resultados de emisiones de GEI por quema de combustibles (1A) no se encuentran muy alejados de la realidad (valores con alta exactitud). Es importante recalcar que no se ha estimado el impacto en la reducción de la incertidumbre del factor de emisión del GN dado que debe realizarse una evaluación para determinar el valor nacional de incertidumbre que corresponderá a este combustible en el futuro (para efectos del presente RAGEI, se ha mantenido el valor de incertidumbre por defecto que plantea el IPCC).

5.2.2. Emisiones fugitivas provenientes de fabricación de combustibles (1B)

La incertidumbre combinada resultó en 140.5% mientras que para la incertidumbre introducida en la tendencia esta resultó en un 11.2%.

Tabla 15. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones por actividades de quema de combustibles del RAGEI

Categoría del IPCC	Combustible	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	$\sqrt{K^2 + L^2}$
			%	%	%	%	%
1: Energía							
1A: Quema de combustibles							
	Diésel	CO ₂	9.0%	7.0%	11.4%	1.02%	1.43%
	Petróleo industrial	CO ₂	3.7%	7.0%	7.9%	0.28%	0.23%
	Carbón mineral	CO ₂	9.7%	7.0%	11.9%	1.37%	1.97%
	Gas Natural	CO ₂	2.3%	7.0%	7.4%	4.13%	2.31%
	Gas de refinería	CO ₂	2.5%	7.0%	7.4%	0.10%	0.06%
	Gas licuado de petróleo	CO ₂	9.5%	7.0%	11.8%	1.45%	2.07%
	Coque	CO ₂	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%	0.00%
	Gasolina para motores	CO ₂	11.5%	0.0%	11.5%	0.54%	0.96%
	Kerosene	CO ₂	12.5%	7.0%	14.3%	0.10%	0.16%
	Diésel	CH ₄	8.6%	50.0%	50.7%	0.01%	0.00%
	Petróleo industrial	CH ₄	3.7%	50.0%	50.1%	0.00%	0.00%
	Carbón mineral	CH ₄	12.1%	50.0%	51.5%	0.01%	0.00%
	Gas Natural	CH ₄	2.3%	25.0%	25.1%	0.01%	0.00%
	Gas de refinería	CH ₄	2.5%	100.0%	100.0%	0.00%	0.00%
	Gas licuado de petróleo	CH ₄	11.5%	100.0%	100.7%	0.02%	0.00%
	Gasolina para motores	CH ₄	11.5%	100.0%	100.7%	0.01%	0.00%

Categoría del IPCC	Combustible	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	$\sqrt{K^2 + L^2}$
			%	%	%	%	%
	Coque	CH ₄	12.5%	100.0%	100.8%	0.00%	0.00%
	Kerosene	CH ₄	12.5%	100.0%	100.8%	0.00%	0.00%
	Diésel	N ₂ O	6.5%	405.0%	405.1%	0.09%	0.00%
	Petróleo industrial	N ₂ O	1.0%	405.0%	405.0%	2.89%	0.04%
	Carbón mineral	N ₂ O	8.4%	405.0%	405.1%	0.22%	0.01%
	Gas Natural	N ₂ O	2.3%	405.0%	405.0%	0.13%	0.07%
	Gas de refinería	N ₂ O	2.5%	405.0%	405.0%	0.00%	0.00%
	Gas Licuado de petróleo	N ₂ O	9.5%	405.0%	405.1%	0.02%	0.00%
	Gasolina para motores	N ₂ O	11.5%	405.0%	405.2%	0.05%	0.00%
	Coque	N ₂ O	12.5%	405.0%	405.2%	0.02%	0.00%
	Kerosene	N ₂ O	12.5%	405.0%	405.2%	0.01%	0.00%
	Total	CO _{2eq}				5.6%	4.1%

Fuente: DGEE - MINEM

Tabla 16. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones fugitivas por fabricación de combustibles del RAGEI.

Categoría IPCC	Combustible	GEI	Incertidumbre en datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	$\sqrt{K^2 + L^2}$
			%	%	%	%	%
1: Energía							
1B: Emisiones fugitivas provenientes de fabricación de combustibles							
	Petróleo	CO ₂	25%	394%	394.5%	110.05%	5.70%
	Gas Natural	CO ₂	25%	294%	295.4%	74.04%	5.13%
	Combustibles Sólidos	CH ₄	10%	23%	25.5%	0.13%	0.04%
	Petróleo	CH ₄	25%	394%	394.5%	28.27%	1.46%
	Gas Natural	CH ₄	25%	90%	93.3%	36.65%	8.03%
	Petróleo	N ₂ O	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%	0.00%
	Gas Natural	N ₂ O	25%	394%	394.5%	0.26%	0.01%
	Total	CO_{2eq}				140.5%	11.2%

Fuente: DGEE - MINEM

5.3. Actualización de la serie temporal

Los valores de las estimaciones de GEI, en su versión original y actualizada, se presentan a continuación. Cabe recalcar que en esta se presentan los resultados según subcategorías. Nótese que para el sector transporte, que solo incluye la fuente transporte por tuberías, solo posee datos para los años 2014 y 2016 al ser los años en el que se obtuvo esta información.

Tabla 17. Serie temporal de emisiones (GgCO₂eq) originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016

Categorías de fuentes y sumideros	2000		2005		2010		2012		2014		2016
	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	A
Industrias de energía	4,374	3,930	5,150	5,201	13,126	13,103	13,350	13,521	14,752	13,951	15,946
Industrias de manufactura y construcción	7,154	7,309	7,860	9,013	7,755	7,757	7,889	6,081	9,039	9,399	8,436
Transporte								36	28	28	6
Otros sectores	5,034	5,553	3,411	4,202	3,655	3,661	3,755	4,374	4,734	4,651	5,444
EF: Combustibles sólidos	5	5	17	17	34	34	64	64	65	65	74
EF: Petróleo y gas natural	4,480	5,413	3,987	5,917	4,513	8,383	3,686	7,134	4,353	8,391	7,184
Total	21,047	22,211	20,424	24,350	29,083	32,938	28,744	31,210	32,970	36,485	37,091

O: original, A: actualizado

Fuente: DGEE - MINEM

Respecto a la evolución de las emisiones de GEI, se aprecia que las emisiones del año 2016 incrementaron en 2% respecto al 2014 y en un 67% respecto al año 2000.

Análisis específico entre los resultados del 2016 versus 2014

La mayoría de las fuentes de emisión presentaron un aumento de emisiones con excepción de algunas pocas que representaron una menor cantidad de emisiones.

Tabla 18. Fuentes con emisiones de GEI inferiores al RAGEI 2014

Codificación	Categorías de fuentes y sumideros	2014 [GgCO ₂ eq]	2016 [GgCO ₂ eq]
1A1aii	Generación combinada de electricidad y calor	8	7
1A1cii	Otras industrias de la energía	2,676	2,154
1A3ei	Transporte por tuberías	28	6
1A4c	Sector pesca	413	226
1B2a	Emisiones fugitivas del petróleo	2,133	1,246
1B2b	Emisiones fugitivas del gas natural	6,258	5,938

Fuente: DGEE - MINEM

Sobre los datos presentados en la tabla superior, respecto a la fuente (1A1aii), se generaron menores emisiones de GEI porque hubo una menor producción específica a esas fuentes. En relación a las emisiones generadas por otras industrias de la energía (1A1cii), se han reducido las emisiones de GEI (respecto al RAGEI 2014) debido a un menor consumo de energía de diésel. Algo similar sucede en el caso del sector agricultura pesca (1A4C) tuvo menores consumos de combustibles.

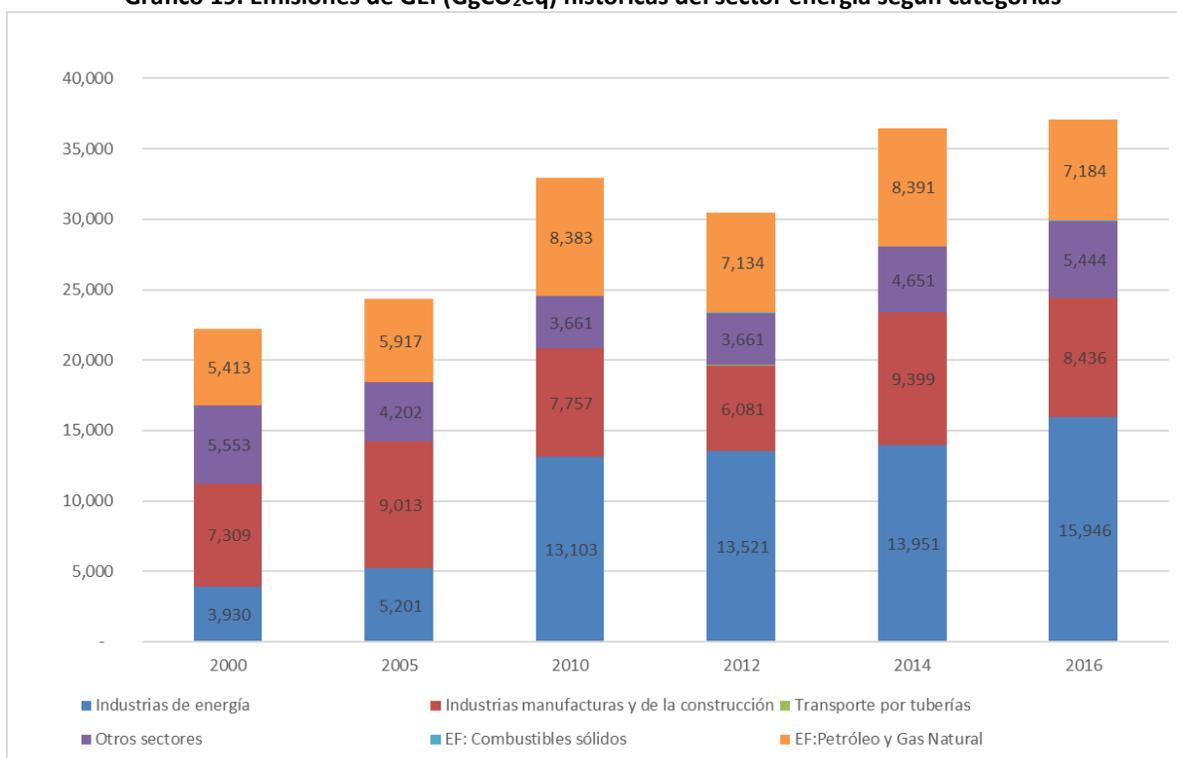
Debido a la menor producción del petróleo y sus emisiones asociadas es que se han reducido las emisiones de GEI por transporte de tuberías/oleoductos (1A3ei) y las emisiones fugitivas del petróleo (1B2a).

Finalmente, las emisiones fugitivas por los procesos de producción de gas natural se redujeron debido a que en 2016 hubo menor actividad de quema, reinyección y venteo.

Análisis de los principales cambios en la tendencia de emisiones de GEI

Se presentan las emisiones de GEI por categoría de todas las estimaciones oficialmente elaborados. En estos se puede apreciar que para todas las categorías hay un incremento con el paso de los años, con excepción de la categoría industria de la manufactura y construcción en los años 2000 y 2005, años en los que hubo altos consumos de petróleo industrial, combustible que genera altas emisiones de GEI. Situación similar se presenta en el caso de las emisiones fugitivas, se relacionan con las actividades de quema, reinyección y venteo de los combustibles.

Gráfico 19. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) históricas del sector energía según categorías



Fuente: DGEE – MINEM

6. RESULTADOS POR CATEGORÍA

En esta sección se presenta información y el análisis detallado por categoría y fuente dividiéndose en las siguientes secciones:

- i. Actividades de quema del combustible (1A)
- ii. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B)

6.1. Actividades de quema del combustible (1A)

Esta categoría agrupa a todas las fuentes que generan emisiones de GEI producto de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para calentar y proporcionar calor a un proceso como calor o como trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato. Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes fuentes:

- 1A1: Industrias de la energía
 - 1A1a: Producción de electricidad y calor como actividad principal
 - 1A1b: Refinación del petróleo
 - 1A1c: Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas
- 1A2: Industrias de manufactura y construcción
- 1A3: Transporte
- 1A4: Otros sectores

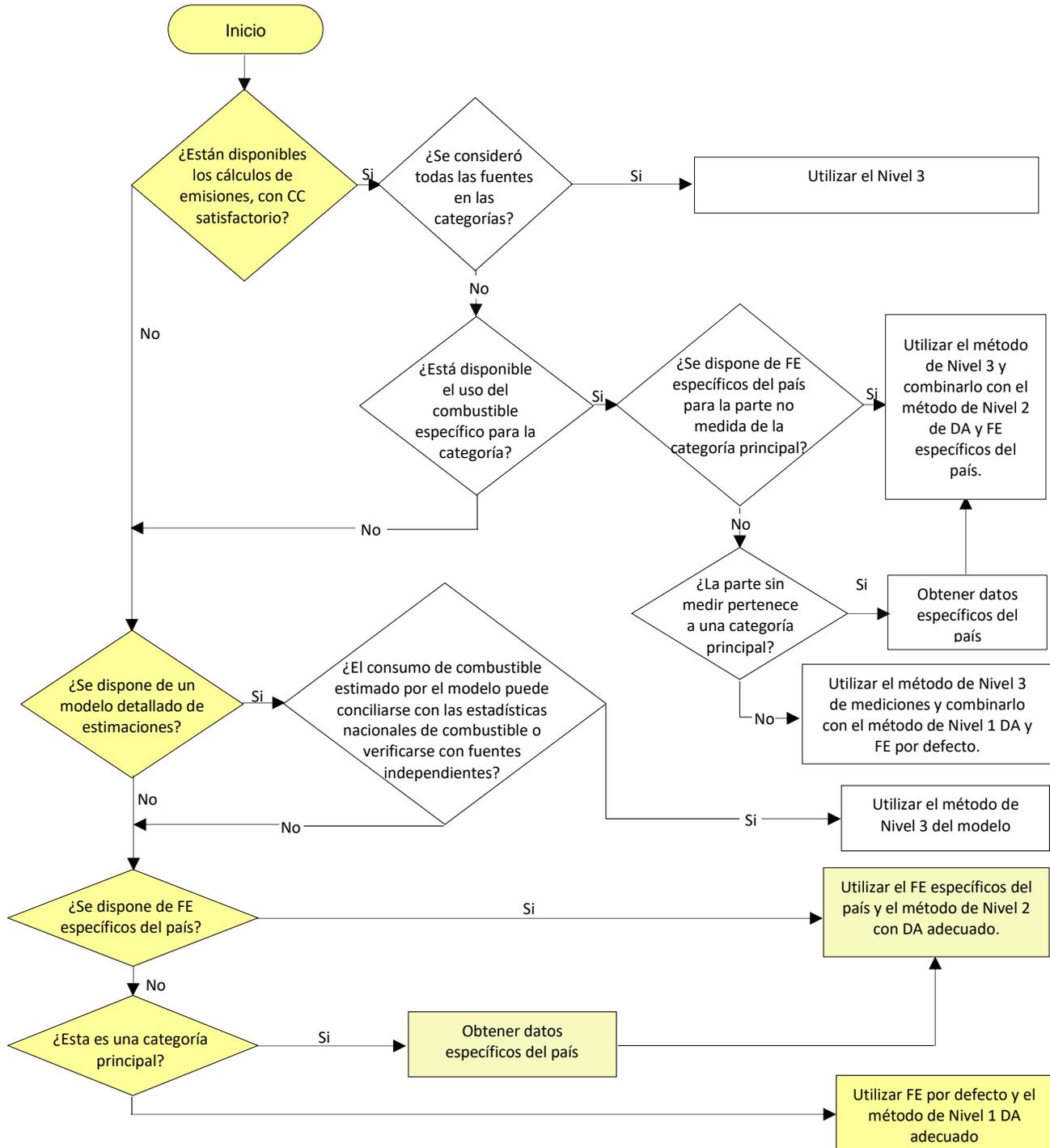
6.1.1. Método de cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI de todas las fuentes de esta categoría, con excepción de las emisiones generadas por la quema de gas natural, es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel más básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

La única fuente que presenta un nivel de cálculo superior (nivel 2) es la quema de gas natural. Para este combustible se ha logrado estimar el factor de emisión nacional en base a información detallada proveída por la empresa Pluspetrol Perú Corporation y al uso de metodologías de cálculo propuestas en el documento: *“Compendio de metodologías para la cuantificación de gases de efecto invernadero de las industrias del petróleo y gas natural”* del Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés). El método de estimación seguido se presenta al finalizar este documento como anexo técnico 3.

A continuación, se presenta el árbol de decisión para todas las fuentes de emisión de GEI en esta categoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Gráfico 20. Árbol de decisión para estimar las emisiones por quema de combustibles de fuentes estacionarias



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 2, Figura 2.

En base al árbol de decisiones se tiene el siguiente análisis realizado en consideración al tipo de información nacional y factores de emisión disponibles:

a) CO₂

- **Mediciones:** A nivel nacional no se conoce sobre mediciones de CO₂ realizadas.
- **Modelo de cálculo disponible:** No se posee a nivel nacional un método de cálculo establecido.
- **Factores de emisión:** La mayoría de combustibles no posee un factor de emisión nacional, aquellos que no lo poseen son: carbón, coque, diésel, gas de refinería, gas licuado de petróleo y petróleo industrial. El único combustible que posee un factor de emisión nacional es el gas natural.
- **Categoría principal:** No es una categoría principal

En el caso de los combustibles que no son gas natural, el árbol de decisiones sugiere el uso del factor de emisión por defecto y el método de nivel 1 AD.

En el caso del gas natural, el árbol de decisiones sugiere el uso de factores de emisión específicos del país y el método de nivel 2 AD.

b) CH₄ y N₂O

- **Mediciones:** A nivel nacional no se conoce sobre mediciones de CH₄ y N₂O realizadas.
- **Modelo de cálculo disponible:** No se posee a nivel nacional un método de cálculo establecido para estos gases.
- **Factores de emisión:** Ninguno de los combustibles posee un factor de emisión nacional para estos gases.
- **Categoría principal:** No es una categoría principal

En este caso, y para todos los combustibles, el árbol de decisiones sugiere el uso de FE por defecto y el método de Nivel 1 AD.

La tabla 20 detalla para cada fuente de emisión de GEI las variables que se han requerido para los cálculos realizados, como se dispone la información utilizada y además detalla el nivel de cálculo aplicado según cada combustible.

Tabla 19. Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión/captura del sector energía

Clasificación				Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	TIER/Nivel
1				Energía			
	1A			Actividades de quema de combustibles			
		1A1		Industrias de energía			
			1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal			
			1A1ai	Generación de electricidad	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo mensual y tipo de combustible por unidad de generación 2016, i) Empresas que generan para el mercado eléctrico, ii) Empresas que generan para su propio uso.	2: gas natural 1: el resto de combustibles
			1A1aii	Generación combinada de calor y energía (CHP)	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo mensual y tipo de combustible por unidad de generación 2016, i) Empresas que generan para el mercado eléctrico, ii) Empresas que generan para su propio uso.	
			1A1aiii	Centrales de calor	NO		
			1A1b	Refinación de petróleo	Cantidad de combustible quemado (TJ)	1) Balance de hidrocarburos y Biocombustibles: 2016 unidades originales. 2) Usos del gas distribuido durante el 2016	2: gas natural 1: el resto de combustibles
			1A1c	Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas			
			1A1ci	Fabricación de combustibles sólidos			2: gas natural 1: el resto de combustibles
			1A1cii	Otras industrias de la energía	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Balance de hidrocarburos y Biocombustibles: 2016 unidades originales.	
		1A2		Industrias manufactureras y de la construcción			
			1A2a	Hierro y Acero	IE		
			1A2b	Metales no ferrosos	IE		
			1A2c	Productos químicos	IE		
			1A2d	Pulpa, papel e imprenta	IE		

Clasificación				Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	TIER/Nivel
			1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE		
			1A2f	Minerales no metálicos	IE		
			1A2g	Equipos de transporte	IE		
			1A2h	Maquinaria	IE		
			1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector minero extractivo	2: gas natural 1: el resto de combustibles
			1A2j	Madera y productos de madera	IE		
			1A2k	Construcción	IE		
			1A2l	Textiles y cuero	IE		
			1A2m	Industria no especificada	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector industrial	2: gas natural 1: el resto de combustibles
						Empresas que generan para su propio uso	
		1A3		Transporte			
			1A3ei	Transporte por tuberías	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Fuentes Estacionarias de Combustión	1
		1A4		Otros sectores			
			1A4a	Comercial/Institucional	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector comercial y público	2: gas natural 1: el resto de combustibles
			1A4b	Residencial		Consumo de energía en el sector residencial	
			1A4c	Agricultura/Silvicultura / Pesca / Piscifactorías	Consumo de energía por actividades agrícolas y de pesca		
			1A4ci	Estacionarias	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector agropecuario	
					Consumo de energía en el sector pesquero		
			1A4cii	Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE		
			1A4ciii	Pesca (combustión móvil)	IE		

Fuente: DGEE - MINEM

Además, se presentan las ecuaciones seguidas para estimar las emisiones de GEI que se generan por cada una de las fuentes de emisión de GEI consideradas en la categoría: Actividades de quema de combustibles (1A). Para estas ecuaciones, que son establecidas por el IPCC, se requieren de 2 tipos de variables, los niveles de actividad (datos asociados a una actividad específica) y los factores de emisión que convierten los niveles de actividad en emisiones de GEI.

Para las emisiones por la categoría quema de combustibles, que incluyen todas las fuentes de emisión de la categoría 1A (1A1a, 1A1b, 1A1c, 1A2, 1A3 y 1A4) se emplearon las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2.1. Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI combustible}} = \text{Consumo}_{\text{combustible}} \bullet \text{Factor de emisión}_{\text{GEI combustible}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 2.11, Ecuación 2.1

Dónde:

$\text{Emisiones}_{\text{GEI combustible}}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible

$\text{Consumo}_{\text{combustible}}$ = cantidad de combustible quemado (TJ)

$\text{Factor de emisión}_{\text{GEI combustible}}$ = incluye el factor de oxidación de carbono, se asume que es 1

Ecuación 1.2. Total de emisiones por gas de efecto invernadero

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = \sum_{\text{combustibles}} \text{Emisiones}_{\text{GEI.combustible}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 2.12, Ecuación 2.2

6.1.2. Datos de actividad

En esta sección se describe cada fuente de emisión de GEI de la categoría quema de combustibles (1A) y se hace un análisis de los datos nacionales que permiten estimar los datos de actividad de cada fuente. Esta sección se ha subdividido en bloques, agrupando las fuentes según sub-categorías: Industrias de la energía (1A1), Industrias de la manufactura y la construcción (1A2), Transporte (1A3) y Otros sectores (1A4).

a) 1A1 Industrias de Energía

En esta sub-categoría se incluyen todas las fuentes de emisión de GEI generadas por la quema de combustibles durante las actividades de extracción de combustibles y por las industrias de producción energética.

1A1ai: Generación de electricidad

Para esta fuente se consideran las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles de todas las instituciones que producen energía eléctrica como actividad principal, excluyéndose las centrales que combinan calor y energía para su generación.

Los datos de actividad requeridos (consumo de combustible) para esta fuente fueron obtenidos del Anuario Estadístico de Electricidad, documento que publica el Ministerio de Energía y Minas de

forma anual a través de su Dirección General de Electricidad. En esta publicación se tiene entre otros, el consumo diferenciado de combustibles, tanto para el mercado eléctrico como para el auto consumo de distintos tipos de industrias. Esta publicación contiene datos del sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) y del sistema aislado (SA). Si bien ambas fuentes generan electricidad y se pueden agregar, esta división es la que figura en los anuarios estadísticos de electricidad y se ha considerado mantenerlas para mejorar el uso de la información del RAGEI en la toma de decisiones en el sector energía.

Tabla 20. Datos de actividad de la fuente: Generación de electricidad

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad de dato nacional	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A1ai	Generación de electricidad	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo mensual y tipo de combustible por unidad de generación 2016, i) Empresas que generan para el mercado eléctrico, ii) Empresas que generan para su propio uso.	Gas Natural (m3), Biogás (m3), Bagazo (Tn), Carbón (Tn), Diesel 2 (Gal.), Residual 6 (Gal.), Residual 500 (Gal.)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Anuario estadístico de electricidad 2016. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738	Con el consumo de combustible de las unidades atingentes a esta fuente se estiman las emisiones de GEI (método top-down). Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) y/o densidad de cada combustible. El consumo -en unidades de energía (TJ)- es multiplicado por el respectivo factor de emisión de GEI.	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	A nivel de procesamiento de información, esta se clasifica en dos: Generación de electricidad para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y Generación de Electricidad de los Sistemas Aislados (SA). Esta clasificación se da dada la importancia de estos dos tipos de sistemas a nivel nacional. En estas categorías no se consideran la autoproducción de empresas fuera del sistema eléctrico (SEIN o SA)

Fuente: DGEE – MINEM

Dado que la información obtenida se presenta en unidades de volumen o masa consumidos según tipo de combustible, estas deben ser convertidas a las unidades de energía requeridas (TJ) con el VCN (valor calórico neto) y de ser requerido, con la densidad de cada combustible. El consumo en unidades de energía (TJ) es multiplicado por el respectivo factor de emisión de GEI.

1A1aii: Generación combinada de calor y energía (CHP)

En esta fuente se consideran las emisiones generadas por la producción de calor y energía eléctrica (combinada) de los productores como actividad principal. A nivel nacional solo hay una industria del sector energía que posee este tipo de generación, los niveles de actividad requeridos se encuentran también en el Anuario Estadístico de Electricidad.

Tabla 21. Datos de actividad de la fuente: Generación combinada de calor y energía

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad de dato nacional	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A1a ⁱⁱⁱ	Generación combinada de calor y energía (CHP)	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo mensual y tipo de combustible por unidad de generación 2016, i) Empresas que generan para el mercado eléctrico, ii) Empresas que generan para su propio uso.	Bagazo (Tn)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Anuario estadístico de electricidad 2016. Recuperado de http://www.mine.m.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738	Con el consumo de combustible de las unidades atingentes a esta fuente se estiman las emisiones de GEI (método top-down). Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) y/o densidad de cada combustible. El consumo - en unidades de energía (TJ)- es multiplicado por el respectivo factor de emisión de GEI.	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	A nivel de procesamiento de información, esta se clasifica en dos: Generación de electricidad para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y Generación de Electricidad de los Sistemas Aislados (SA). Esta clasificación se da dada la importancia de estos dos tipos de sistemas a nivel nacional. En estas categorías no se consideran la autoproducción de empresas fuera del sistema eléctrico (SEIN o SA)

Fuente: DGEE – MINEM

Tal como en el caso anterior, la información obtenida (volumen o masa) debe llevarse a las unidades energéticas requeridas (TJ) para luego ser convertidas a emisiones de GEI a través del uso de los factores de emisión respectivos. Para este caso se tuvo que indagar por cuenta propia que industria realiza este tipo de generación. Esta fue ubicada en el anuario estadístico de electricidad mencionado en la fuente anterior y se consideró el consumo de combustible que en esta figura por ser una fuente oficial. Para poder estimar las emisiones de GEI de esta fuente se debe seguir lo señalado en el cuadro superior columna: uso de la información.

1A1b: Refinación del petróleo

Esta fuente incluye las emisiones de GEI que se generan por la quema de combustibles durante las operaciones propias en las refinerías, estas actividades comprenden la generación de calor, electricidad, entre otros.

Los datos de actividad para esta fuente fueron obtenidos de datos nacionales dispuestos en el Anuario Estadístico de Electricidad - AEE, (autogeneración de electricidad en refinerías) y el Balance Nacional de Energía (generación de calor para uso propio). Esta última información se encuentra en cuadros específicos. Solo el gas de refinería se puede asegurar que es consumido en refinerías. El resto de combustibles se asume que son consumidos en su totalidad en la fuente: otras industrias energéticas.

Tabla 22. Datos de actividad de la fuente: Refinación de petróleo

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad de dato nacional	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A1b	Refinación de petróleo	Cantidad de combustible quemado (TJ)	1) Balance de hidrocarburos y Biocombustibles: 2016 unidades originales. 2) Usos del gas distribuido durante el 2016	1) Gas Licuado de petróleo, Gasolina de Motor, Diesel Oil, No energéticos petróleo y gas, gas de refinería (10 ³ Bbl) y Gas distribuido (10 ⁶ PC)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI. Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) y/o densidad de cada combustible.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	El anuario estadístico de Electricidad reporta el consumo de combustible requerido por las refinerías para la generación de energía eléctrica. El consumo de combustibles para la generación da calor solo se dispone para el gas natural, del resto de combustibles se dispone pero de forma agregada al sector: consumo propio sector energía (del Balance Nacional de Energía) que incluye refinerías y otras industrias energéticas. Mientras no haya información desagregada esta última se considerará en la fuente 1A1cii.

Fuente: DGEE – MINEM

El uso de la información respecto a los datos del AEE y el BNE es tal cual como se ha descrito en los 2 casos anteriores. La información del BNE posee distintas unidades a las del AEE, sin embargo, son llevadas a las unidades energéticas requeridas (TJ) a través del uso de los respectivos factores de conversión requeridos.

1A1cii: Otras industrias energéticas

En esta fuente se consideran todas aquellas industrias energéticas no consideradas anteriormente. En esta se incluyen las industrias que producen carbón vegetal, bagazo, aserrín, tallos de planta de algodón y carbonización de biocombustibles, como así también la minería de carbón, extracción de petróleo y gas y el procesamiento y refinación del gas natural. Esta información se obtiene del Balance Nacional de Energía.

Tabla 23. Datos de actividad de la fuente: Otras industrias energéticas

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A1cii	Otras industrias de la energía	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Balance de hidrocarburos y Biocombustibles: 2016 unidades originales.	Gas Lic, Gasolina de Motor, Diésel Oil, No energéticos petróleo y gas, gas de refinería (10 ³ Bbl) y Gas distribuido (10 ⁶ PC)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI. Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	El anuario estadístico de Electricidad reporta el consumo de combustible requerido por las industrias energéticas distintas a las refinerías para la generación de energía eléctrica. El consumo de combustibles para la generación da calor ha considerado todo lo reportado en el Balance Nacional de Energía como otras industrias energéticas. Si bien esta información no es correcta, esto se realizará hasta que se posea información con mayor detalle.
			Distribución de la energía primaria destinada a los centros de transformación	TJ	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo energético, dadas las unidades originales, se estiman directamente las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Solo se dispone del consumo de leña para la fabricación de carbón vegetal

Fuente: DGEE – MINEM

Para este caso la información obtenida se encuentra en unidades de volumen o masa por lo que deben ser llevadas a las unidades energéticas requeridas a través del uso de factores de emisión respectivos.

Para esta fuente se ha considerado todo el combustible consumido por el “sector energía” según como figura en el BNE. En esta fuente debe haber consumo de combustibles por refinerías, pero dado que no hay esa segregación es que todo se ha considerado en esta fuente.

b) 1A2 Industrias Manufactureras y de la Construcción

En esta sub-categoría se incluyen todas las fuentes de emisión de GEI del sector industrial (a excepción de las industrias energéticas ya tratadas anteriormente) derivadas de la quema de combustible para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias.

1A2i: Minería (con excepción de combustibles) y cantería

Aquí se incluyen las emisiones de GEI generadas por la combustión en actividades de extracción de minerales metalíferos, otras minas y canteras. Para esta fuente se obtuvo información del BNE, en esta fuente se cita a la fuente como sector minería metalúrgica y lo describe como: “*sector que abarca el consumo de energía de las actividades de minería extractiva e industrial*”, dicho consumo se encuentra expresado en TJ.

Tabla 24. Datos de actividad de la fuente: Minería

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector minero	Unidades de energía: Terajulios (TJ)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de energía, por tipo de combustible, se estiman las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Este sector, en el BNE, considera toda la energía consumida por el sector con excepción de las actividades de extracción.

Fuente: DGEE – MINEM

En este caso la información se obtiene de dos fuentes de información, en el caso de la procedente del BNE, dado que esta se encuentra en las unidades energéticas requeridas (TJ), el cálculo de las emisiones es directo al multiplicarse por los respectivos factores de emisión.

1A2m: Industria no especificada

En esta fuente se incluyen las emisiones generadas por todo tipo de industria no incluida según la clasificación⁷ del IPCC. Sin embargo, dado que a nivel nacional no existe información al nivel requerido, en esta fuente se ha incluido la información del sector industrial obtenida del Balance Nacional de Energía. Este sector es descrito en el balance como: *“sector que comprende todas las actividades de la industria manufacturera, actividades relacionadas con la elaboración de productos de pescado y la fabricación de azúcar; también incluye la construcción de viviendas, edificios y obras civiles en general, actividades de minero-metalúrgico”*.

Para esta fuente además se obtuvo información del AEE, en esta fuente se encuentra el consumo energético (en unidades de volumen o masa) según diversos tipos de industria (manufacturera, industria pesquera, minería industrial, agroindustrial, entre otros).

⁷ El IPCC separa a las industrias según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme - CIIU (ISIC, del inglés, International Standard Industrial Classification)

Tabla 25. Datos de actividad de la fuente: Industria no especificada

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A2m	Industria no especificada	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector industrial	Terajulios (TJ)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de energía, por tipo de combustible, se estiman las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Para el BNE es el sector de consumo más importante, comprende todas las actividades de la industria manufacturera, actividades relacionadas con la elaboración de productos de pescado y la fabricación de azúcar; también incluye la construcción de viviendas, edificios y obras civiles en general, minería industrial. Dado que no se especifica mayor detalle, todo se estima en esta categoría general.
			Empresas que generan para su propio uso		'Ministerio de Energía y Minas (2016). Anuario Estadístico de Electricidad 2016. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738			Aquí se considera el combustible consumido, según tipo, para la auto generación de electricidad.

Fuente: DGEE – MINEM

c) 1A3: Transporte

Para esta categoría se consideran las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles de fuentes móviles, pero además de otros tipos de transporte como lo es el transporte del combustible por tuberías. Dada la indicación del MINAM, el MINEM debe considerar estas últimas debido a que como institución posee dicha información.

1A3ei Transporte por tuberías

En esta fuente se incluyen las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles durante la operación de estaciones de bombeo y mantenimiento de tuberías (transporte de gases, líquidos, desechos cloacales y otros productos básicos). A nivel nacional se ha dispuesto por primera vez información de esta fuente, la misma que fue proveída por Petroperu y que refiere al transporte de petróleo por el oleoducto Nor-peruano. Las emisiones de GEI generadas por ductos de gas natural y líquidos de gas natural no han sido cuantificadas en esta fuente por carecer de esta información, sin embargo, la misma se encuentra incluida en la fuente: otras industrias energéticas.

Tabla 26. Datos de actividad utilizados para la categoría transporte

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A3ei	Transporte por tuberías	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Fuentes Estacionarias de Combustión	Diésel: galón.	Petróleos del Perú – PETROPERÚ S.A. 2016 Recuperado de: Correo electrónico de Alfredo Pinillos, Jefe de Evaluación y Desempeño Ambiental – Sub Gerencia Ambiental de PETROPERU	Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método <i>top-down</i>) Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	La información proviene del único oleoducto operativo en el país.

Fuente: DGEE - MINEM

Los datos proveídos son en unidades de volumen por lo que son llevados a unidades energéticas (TJ) y finalmente a emisiones de GEI a través de su respectivo factor de emisión.

d) 1A4: Otros Sectores

En esta subcategoría se incluyen las emisiones de GEI generadas por diversos sectores que se describirán a continuación. En estas se consideran las emisiones por quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en los sectores comercial, institucional (entiéndase como tal al sector público), residencial, agricultura y pesca.

1A4a Comercial/Institucional

En esta se incluyen, según las directrices del IPCC, las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales. Anteriormente el BNE no permitía trabajar de forma conjunta esta categoría porque reportaba datos de forma conjunta de los sectores comercial y residencial, sin embargo, a partir de este RAGEI es posible dado que los BNE presentan datos de forma separada para los sectores residencial, comercial y público. Se posee información de consumo energético (TJ) en el Balance Nacional de Energía. Dicho Balance conceptualiza al sector público (institucional) como: *“El consumo de energía del sector público comprende al consumo de las fuerzas armadas, administración pública y servicios de agua y desagüe, en ellos se incluyen las municipalidades, ministerios, actividades de defensa y de mantenimiento del orden público y de seguridad, entre las más importantes”*. El sector comercial se conceptualiza como *“todas las actividades comerciales (hospitales, colegios, restaurantes, hoteles, lavanderías y empresas financieras entre los establecimientos más importantes) en el ámbito nacional”*.

Tabla 27. Datos de actividad utilizados para la categoría comercial/institucional

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A4a	Comercial/ Institucional	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en los sectores comercial y público	Terajulios (TJ)	Ministerio de Energía y Minas (201). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de energía, por tipo de combustible, se estiman las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	En esta sección solo se considera información nacional del sector comercial y público. La información del nivel de actividad en Perú (BNE) - se considera esta categoría como: "Público" (Institucional) y "comercial". En estos sectores se deben añadir, de ser el caso, las emisiones de GEI que se generan por el consumo de combustibles para la generación de electricidad. Dicha información se obtiene del Anuario Estadístico de Electricidad previa identificación del sector apropiado.

Fuente: DGEE - MINEM

En este caso la información se obtiene en las unidades energéticas requeridas (TJ) por lo tanto el cálculo de las emisiones es directo, al multiplicarse por los respectivos factores de emisión.

1A4b Residencial

En esta fuente se consideran todas las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles en hogares. Esta información es obtenida del Balance Nacional de Energía del sector: Residencial. Dicho Balance conceptualiza esta fuente como: *“sector que comprende a los usos que se dan debido a las actividades domésticas desarrolladas en los hogares urbanos y rurales”*.

Tabla 28. Dato de actividad utilizados para la categoría residencial

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A4b	Residencial	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector residencial y comercial	Terajulios (TJ)	Ministerio de Energía y Minas (201). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de energía, por tipo de combustible, se estiman las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	

Fuente: DGEE - MINEM

En este caso la información se obtiene en las unidades energéticas requeridas (TJ) por lo tanto el cálculo de las emisiones es directo, al multiplicarse por los respectivos factores de emisión.

1A4c Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías

Se debería incluir en esta fuente, según lo estipulado por el IPCC, las emisiones por la quema de combustibles utilizados en agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras, tales como piscifactorías. En el caso del presente RAGEI se han considerado como fuente de información del consumo de energía (distintos a la generación de electricidad) de los sectores pesca y agropecuario el BNE, los cuales poseen las siguientes definiciones. Sector Pesca: *“agrupa el consumo de energía de las actividades de la pesca extractiva”* y Sector Agropecuario: *“comprende el consumo de combustibles de las actividades agropecuarias”*.

Tabla 29. Dato de actividad para la categoría agricultura/silvicultura/pesca/piscifactoría

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1A4c	Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Consumo de energía en el sector agropecuario Consumo de energía en el sector pesquero	Terajulios (TJ)	Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Con el consumo de energía, por tipo de combustible, se estiman las emisiones de GEI.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	En las estadísticas nacionales figura como "Agropecuario" y como "pesquero" para todo el consumo de energía de las actividades de pesca extractiva. En la nueva desagregación del BNE. No se cuenta con información de consumos energéticos en la industria pesquera y agroindustria, silvicultura y piscicultura, por tanto, no se incluyen en el RAGEI.

Fuente: DGEE - MINEM

En el caso de la información procedente del BNE, dado que esta se encuentra en las unidades energéticas requeridas (TJ), el cálculo de las emisiones es directo al multiplicarse por los respectivos factores de emisión.

6.1.3. Factores de emisión y de conversión

Los factores de emisión aquí presentados son obtenidos casi todos de las Directrices del IPCC de 2006 con excepción del factor de emisión para estimar las emisiones de CO₂ por la quema del gas natural. La metodología seguida para obtener este factor de emisión nacional se describe en el Anexo 3.

a) 1A1 Industrias de Energía

Para todas las fuentes incluidas dentro de las industrias de la energía (1A1) se han utilizado los siguientes factores de emisión.

Tabla 30. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias energéticas

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	3.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	3.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	3.00	0.60
Gas/Diésel Oil		74,100.00	3.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	3.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	1.00	0.10
Antracita		98,300.00	1.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	1.00	1.50
Gas natural		56,126.26 ⁸	1.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	3.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	3.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	3.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	30.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	3.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, pág. 2.16 - 2.17

⁸ Valor de factor de emisión nacional obtenido en base a metodología del documento: Compendium of green house gas emissions methodologies for the oil and natural gas industries/American Petroleum Institute.

b) 1A2 Industrias Manufactureras y de la Construcción

Para todas las fuentes incluidas dentro de industrias manufactureras y de la construcción (1A2) se han utilizado los siguientes factores de emisión.

Tabla 31. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	3.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	3.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	3.00	0.60
Gas/Diésel Oil		74,100.00	3.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	3.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	1.00	0.10
Antracita		98,300.00	10.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	10.00	1.50
Gas natural		56,126.26	1.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	3.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	3.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	3.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	30.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	3.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, pág. 2.18 - 2.19

Para esta fuente se usaron los mismos factores de emisión de las industrias de la energía.

c) 1A4: Otros Sectores

Los factores de emisión utilizados para esta fuente fueron los siguientes:

1A4a Comercial/Institucional

Los factores de emisión utilizados para esta fuente fueron los siguientes.

Tabla 32. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en la fuente comercial/institucional

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	10.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	10.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	10.00	0.60
Gas/Diésel Oil		74,100.00	10.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	10.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	5.00	0.10
Antracita		98,300.00	10.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	10.00	1.50
Gas natural		56,126.26	5.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	10.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	10.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	10.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	300.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	10.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, pág. 2.20 - 2.21

1A4b Residencial

Los factores de emisión utilizados para esta fuente fueron los siguientes:

Tabla 33. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en el sector residencial

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	10.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	10.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	10.00	0.60
Gas/Diesel Oil		74,100.00	10.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	10.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	5.00	0.10
Antracita		98,300.00	300.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	300.00	1.50
Gas natural		56,126.26	5.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	10.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	10.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	10.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	300.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	1.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	10.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, pág. 2.22 - 2.23

1A4c Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías

Los factores de emisión utilizados para esta fuente fueron los siguientes:

Tabla 34. Factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en los sectores agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	10.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	10.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	10.00	0.60
Gas/Diésel Oil		74,100.00	10.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	10.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	5.00	0.10
Antracita		98,300.00	300.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	300.00	1.50
Gas natural		56,126.26	5.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	10.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	10.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	10.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	300.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	10.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, pág. 2.22 - 2.23

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente y según cada fuente de emisión de GEI se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los siguientes:

Tabla 35. Valor calórico neto de los combustibles producidos en Perú

Tipo de combustible	VCN	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 500	1.51E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 6	1.50E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	1.51E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	1.18E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	1.35E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	2.64E-02	TJ/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas Natural	3.60E-05	TJ/m ³	Cálculo a partir de datos de Calidda
Bagazo	1.16E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Carbón vegetal	2.95E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Kerosene	3.55E-02	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Carbón mineral	2.67E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Gas de refinería	6.49E-05	TJ/m ³	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Etanol	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biocombustible	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biogás (vertedero)	6.12E-05	TJ/m ³	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: DGEE - MINEM

Tabla 36. Densidades de los combustibles producidos en Perú

Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 6	3.71E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 500	3.75E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	3.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	2.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	3.14E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	5.58E-04	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas de refinería	1.31E-06	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Natural	7.88E-07	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de Calidda
Kerosene	8.10E-04	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Etanol	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biodiesel	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biogás (vertedero)	1.22E-06	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: DGEE - MINEM

Por otro lado, los factores de conversión utilizados, valor calórico neto y densidad, han sido los mismos que se utilizaron para el RAGEI 2014 y que provienen en algunos casos de fuentes oficiales nacionales. Estos valores se presentan a continuación y sobre los mismos se realiza un análisis comparativo respecto a los rangos que da el IPCC.

Tabla 37. Valor calórico neto (TJ/Gg) de los combustibles producidos en Perú y del IPCC

Tipo de combustible	VCN	Valor IPCC		
		Defecto	Inferior	Superior
Petróleo Industrial	40.40	42.30	40.10	44.80
Gasolina	44.80	44.30	42.50	44.80
Diesel	42.81	43.00	41.40	43.30
Gas Licuado de Petróleo	47.31	47.30	44.80	52.20
Gas Natural	45.76	48.00	46.50	50.40
Gas de refinería	49.50	49.50	47.50	50.60
Gas Natural Licuado	44.20	44.20	40.90	46.90
Kerosene	43.80	43.80	42.40	45.20
Etanol	27.00	27.00	13.60	54.00
Biodiesel	27.00	27.00	13.60	54.00
Biogás	50.40	50.40	25.40	100.00
Bagazo y otra biomasa	11.60	11.60	5.90	23.00
Carbón vegetal	29.50	29.50	14.90	58.00

Fuente: DGEE - MINEM

De la tabla anterior se puede apreciar que el único valor que está fuera del rango que da el IPCC es para el caso del valor del gas natural, este es 1.6% menor al valor inferior. El dato de valor del gas natural se ha obtenido utilizando el valor proveído por la industria nacional.

Las densidades utilizadas, en algunos casos para estimar los factores de emisión presentados en la tabla anterior, son los siguientes:

Tabla 38: Densidades de los combustibles producidos en Perú

Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 6	3.71E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 500	3.75E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	3.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	2.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	3.14E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	5.58E-04	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas de refinería	1.31E-06	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Natural	7.88E-07	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de Calidda
Kerosene	8.10E-04	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Etanol	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125

Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Biodiesel	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biogás (vertedero)	1.22E-06	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: DGEE – MINEM

6.1.4. Análisis de resultados

Si analizamos las emisiones de GEI en base a los tipos de combustibles consumidos, el gas natural es el combustible de mayor consumo y por ende el que genera mayores emisiones, por este combustible se generan el 56.1% de las emisiones nacionales (o cuantificables) asociadas a la quema de combustibles. Para este análisis se ha considerado por primera vez las emisiones de GEI (CH₄ y N₂O) por la quema de biomasa, esto no fue incluido en el anterior RAGEI.

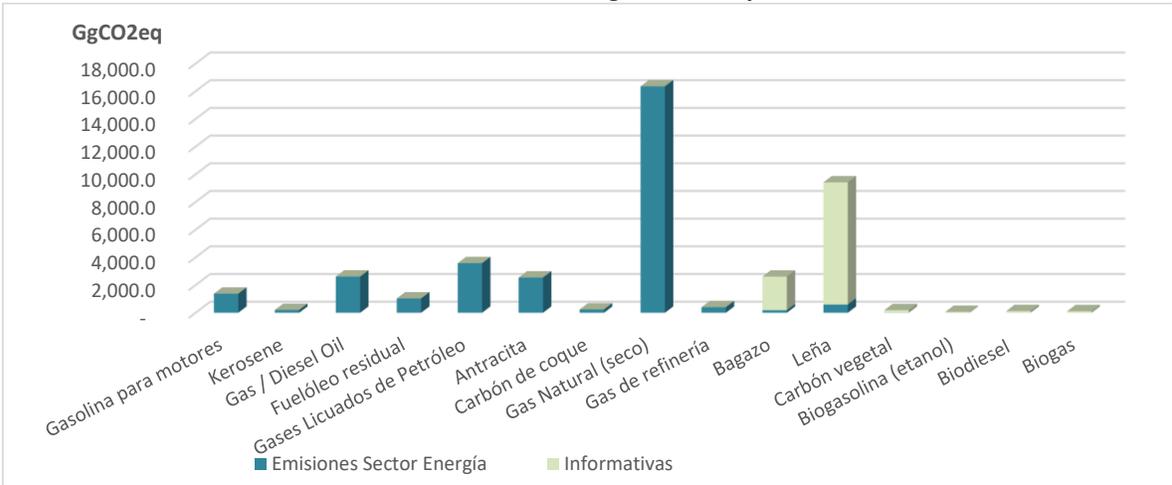
Tabla 39. Emisiones de GEI por quema de combustibles (según combustible)

Combustible	Emisiones Sector Energías (GgCO ₂ eq)	Informativas (GgCO ₂)
Gasolina para motores	1,378.1	0.0
Kerosene	205.6	0.0
Gas / Diesel Oil	2615.0	0.0
Fuelóleo residual	1,032.5	0.0
Gas Licuado de Petróleo	3,581.2	0.0
Carbón mineral (Antracita-sub bituminoso)	2,545.6	0.0
Carbón de coque	235.5	0.0
Gas Natural (seco)	16,353.8	0.0
Gas de refinería	401	0.0
Bagazo	183.1	2,428.7
Leña	594.1	8,824.7
Carbón vegetal	8.7	180.1
Biogasolina (etanol)	0.2	62.1
Biodiesel	0.4	122.9
Gas de vertedero (biogás)	0.1	113.5
Total	29,135.06	11,731.9

Fuente: DGEE - MINEM

Es importante recalcar que el gas natural es el combustible que menores emisiones de GEI emite en comparación con otros combustibles fósiles. En ese sentido, es importante su gran participación, de no existir este combustible las emisiones de GEI serían mayores salvo que exista una mayor inclusión de energías limpias (renovables, geotérmica, entre otras) las que no generan emisión alguna. El Perú debería apostar en realizar acciones conducentes al menor uso de diésel y carbón mineral, los que son grandes emisores debido a su alto contenido de carbón y que representan el 9.0% y 8.7% de las emisiones nacionales por quema de combustibles.

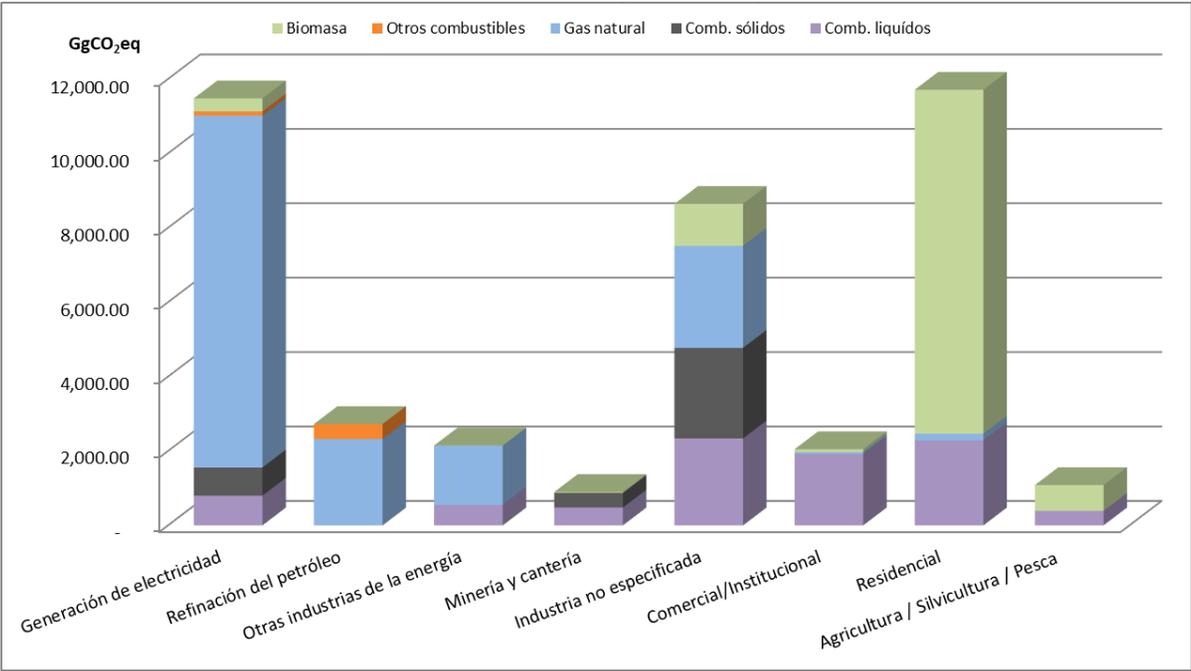
Gráfico 21. Emisiones de GEI según fuentes y combustibles



Fuente: DGEE – MINEM

A continuación, se presentan las emisiones de GEI según fuente y al tipo de combustible asociadas.

Gráfico 22. Emisiones de GEI según fuentes y combustibles



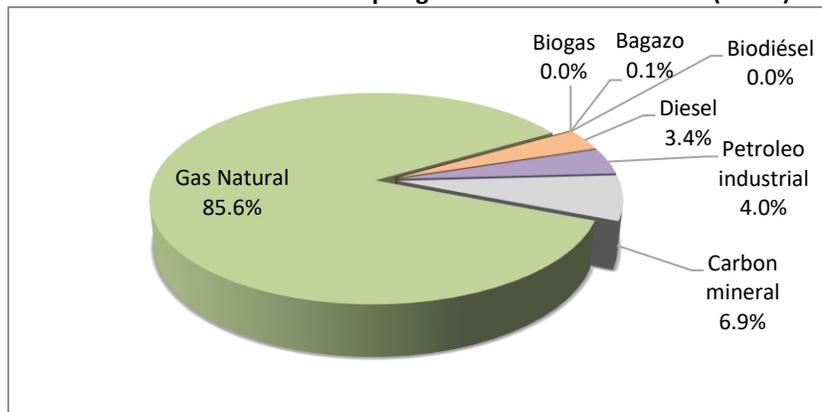
Fuente: DGEE – MINEM

a) 1A1 Industrias de Energía

1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal

Esta fuente generó 11,065 GgCO₂eq lo cual representa el 29.8% de las emisiones de GEI en el RAGEI aquí presentado. El principal combustible consumido en esta fuente es el gas natural, las emisiones asociadas a este combustible representan el 85.6% de esta fuente si consideramos las emisiones reportadas.

Gráfico 23. Emisiones de GEI por generación de electricidad (1A1ai)

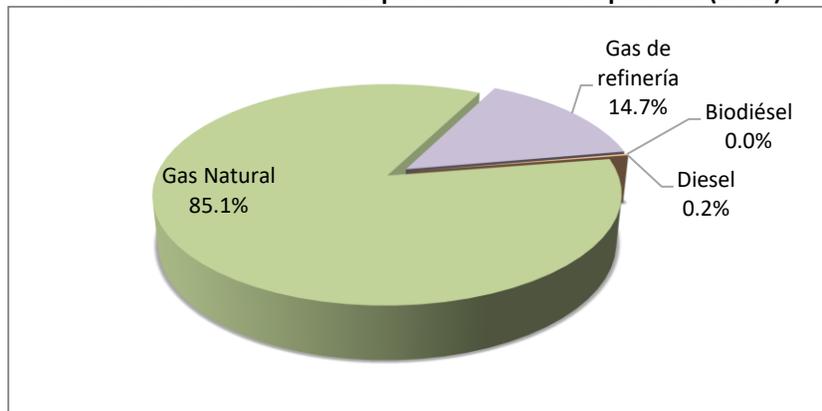


Fuente: DGEE – MINEM

1A1b Refinación del petróleo

Esta fuente generó 2,727 GgCO₂eq y representó el 7.4% de todas las emisiones nacionales del RAGEI aquí presentado. En esta fuente las emisiones se asocian principalmente otra vez al consumo de gas natural, el cual generó el 85.1% de las emisiones de esta fuente.

Gráfico 24. Emisiones de GEI por la refinación del petróleo (1A1b)



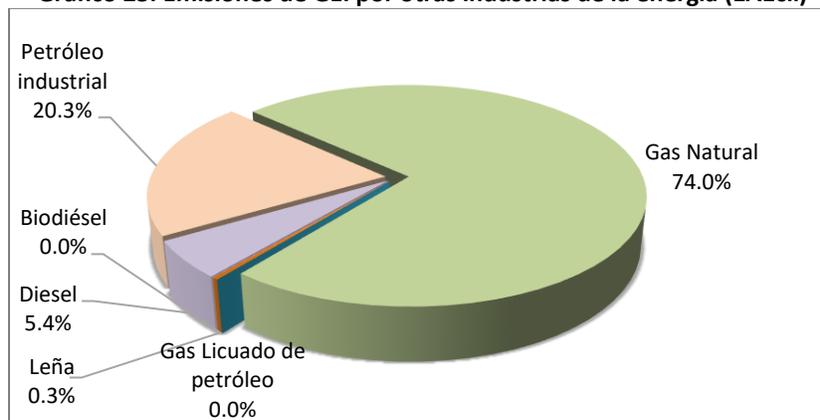
Fuente: DGEE – MINEM

1A1cii Otras industrias de la energía

Esta fuente generó 2,154 GgCO₂eq, lo cual representó el 5.8% de las emisiones nacionales del RAGEI aquí presentado. En esta fuente las emisiones se generan principalmente por el consumo de gas

natural y petróleo industrial, los cuales representan el 74.0% y 20.3% respectivamente de las emisiones de GEI en esta fuente.

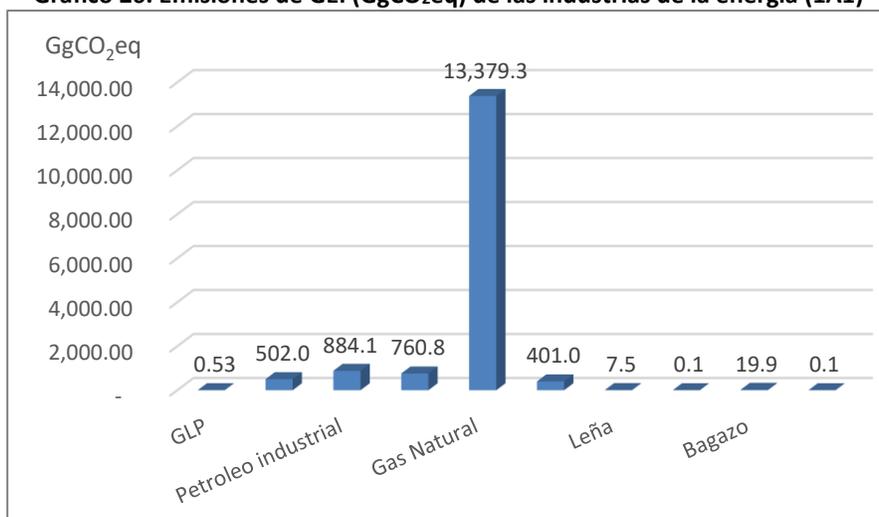
Gráfico 25. Emisiones de GEI por otras industrias de la energía (1A1cii)



Fuente: DGEE – MINEM

Todas las fuentes de emisión hasta aquí presentadas pertenecen a la subcategoría de las industrias de la energía (1A1), como se ha podido apreciar, en todas estas fuentes las emisiones se generan principalmente por el consumo del gas natural lo que es algo positivo dado que si en lugar de este se utilizará otro combustible se generarían mayores emisiones de GEI. A continuación, se presentan las emisiones de GEI generadas por todas las industrias de la energía según los combustibles utilizados.

Gráfico 26. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) de las industrias de la energía (1A1)



Fuente: DGEE – MINEM

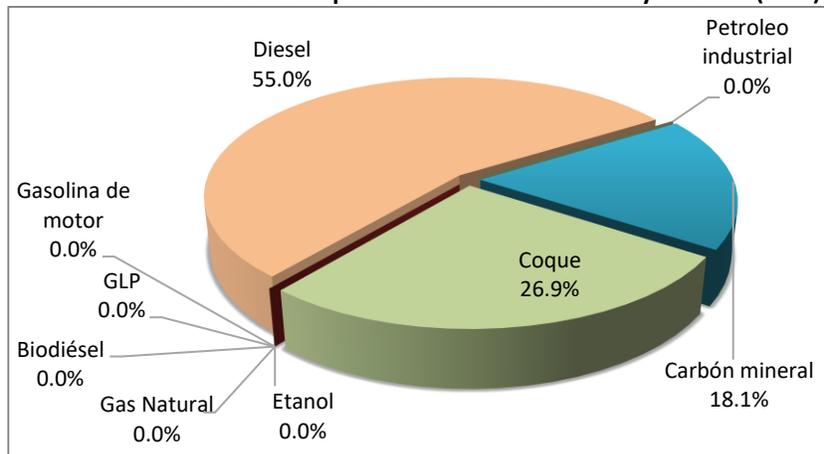
Tal como se puede apreciar en la gráfica, las emisiones de GEI provienen principalmente por el consumo del gas natural (83.9%). Otro combustible que se consume de forma importante es el petróleo industrial, este representa el 5.5% de las emisiones de GEI en esta categoría.

d) Industrias Manufactureras y de la Construcción

1A2i Minería (con excepción de combustibles) y cantería

Por esta fuente se han emitido 877 GgCO₂eq, lo cual representa el 2.4% de las emisiones de GEI en el RAGEI aquí presentado. En esta fuente las emisiones de GEI se generan principalmente por el consumo de combustibles líquidos (especialmente por diésel). Además, otros combustibles considerables son el carbón mineral y en menor proporción por el uso del gas natural.

Gráfico 27. Emisiones de GEI por industrias de la minería y cantería (1A2i)

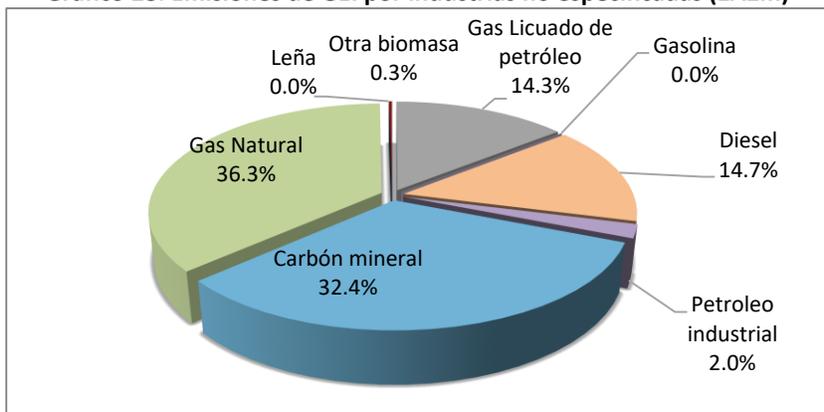


Fuente: DGEE – MINEM

1A2m Industria no especificada

En esta fuente, que incluye según como se presenta en la información oficial a nivel nacional a todo el sector industrial con excepción del minero, ha generado 7,558 GgCO₂eq lo cual representa el 20.4% del presente RAGEI. En esta fuente las emisiones de GEI se generan de forma distribuida y en orden descendente por combustibles líquidos (principalmente GLP y diésel), combustibles sólidos y gas natural.

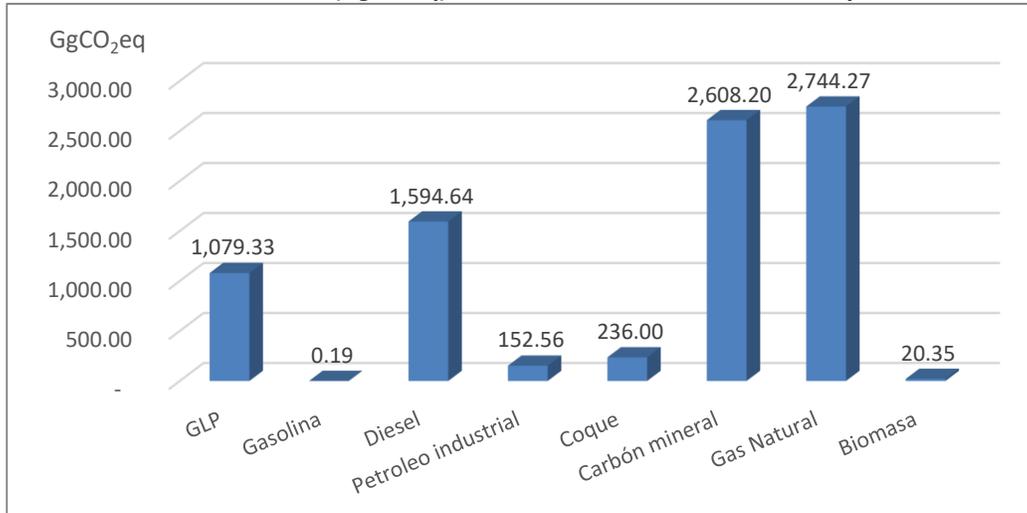
Gráfico 28. Emisiones de GEI por industrias no especificadas (1A2m)



Fuente: DGEE – MINEM

Estas fuentes, que pertenecen a la sub-categoría industrias de la manufactura y la construcción (1A2) presentan mayor cantidad de emisiones de GEI derivadas del consumo de gas natural (32.5%), le siguen a este las emisiones generadas por el consumo de carbón mineral (30.9%) y el diésel (18.9%).

Gráfico 29. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) de las industrias de la manufactura y la construcción



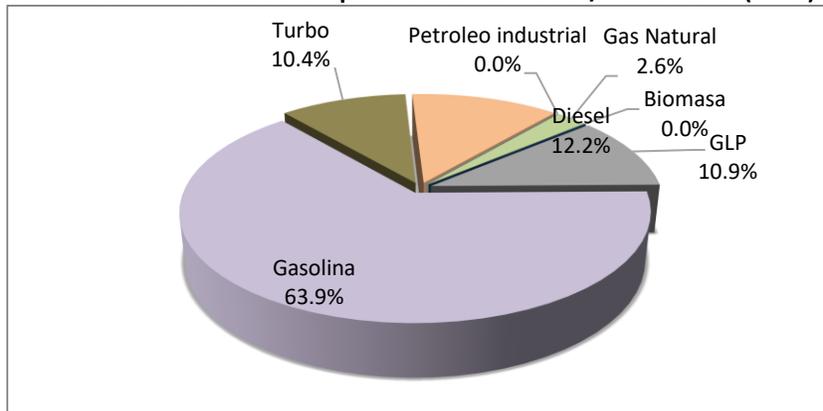
Fuente: DGEE – MINEM

e) Otros Sectores

1A4a Comercial/institucional

En esta fuente se contabilizan las emisiones de GEI del sector comercial y público a nivel nacional. Esta fuente ha generado 1,981 GgCO₂eq y representa el 5.3% de las emisiones estimadas en el RAGEI 2016 del MINEM.

Gráfico 30. Emisiones de GEI por el sector comercial/institucional (1A4a)

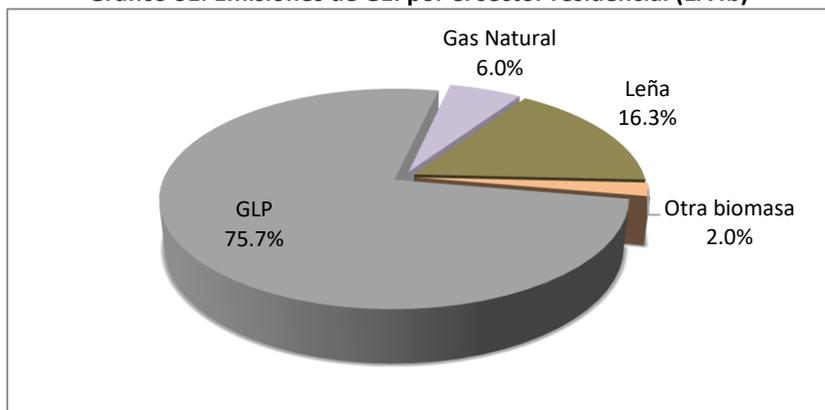


Fuente: DGEE – MINEM

1A4b Residencial

En esta fuente se contabilizan las emisiones de GEI del sector residencial a nivel nacional. Por esta fuente se generaron 3,022 GgCO₂eq los que representaron el 8.1% del RAGEI.

Gráfico 31. Emisiones de GEI por el sector residencial (1A4b)

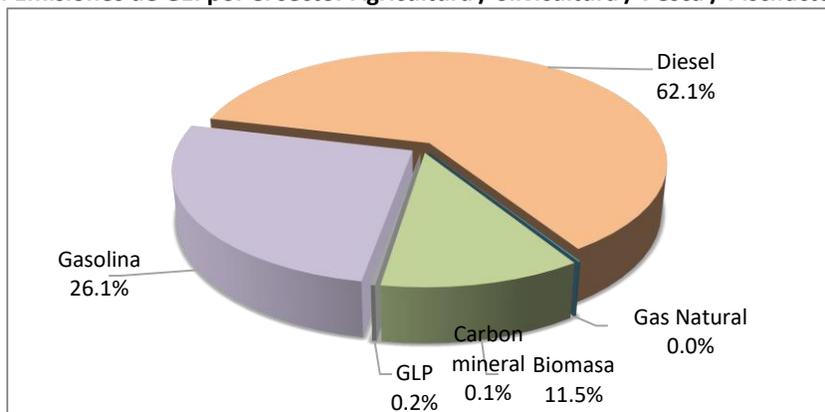


Fuente: DGEE – MINEM

1A4c Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías

En esta fuente se contabilizan las emisiones de GEI de los sectores agricultura y pesca debido a la clasificación y agregación de la información oficial nacional. Por esta fuente se generaron 441 GgCO₂eq las cuales representan el 1.2% de las emisiones nacionales aquí presentadas. En esta fuente se generan mayores emisiones por el consumo de diésel (62.1%) y gasolina (26.1%).

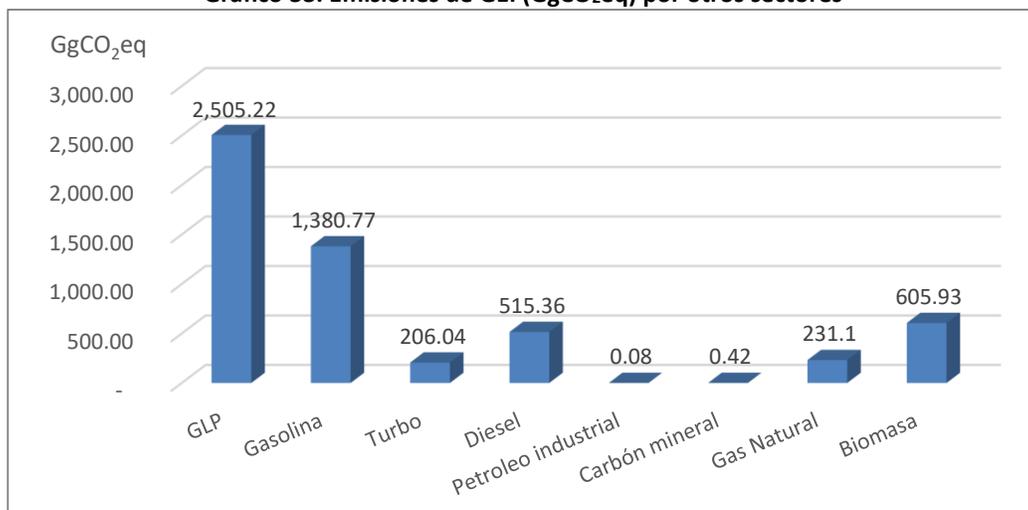
Gráfico 32. Emisiones de GEI por el sector Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías (1A4c)



Fuente: DGEE – MINEM

Estas fuentes que pertenecen a la sub-categoría Otros sectores (1A4) presentan mayores emisiones asociadas al consumo de GLP, lo cual se da principalmente en el ámbito residencial. Existe también una importante contribución a las emisiones de GEI debido a los consumos de gasolina (25.4%), diésel (9.5%) y biomasa (11.1%).

Gráfico 33. Emisiones de GEI (GgCO₂eq) por otros sectores



Fuente: DGEE – MINEM

6.1.5. Sigüientes pasos

La siguiente tabla presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI:

Tabla 40. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación ⁹
1	Aplicar el factor de emisión para la producción de carbón vegetal brindado en el refinamiento 2019 del IPCC dentro de la categoría 1A1cii.	Mejorar la exactitud de la categoría 1A1cii "Otras industrias de la energía".	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo
2	Incluir dentro de la categoría "Consumo Propio del Sector Energía" definido en el Balance Nacional de Energía el consumo de combustible derivado del transporte por oleoductos, gaseoductos y poliductos.	Mejorar la exactitud de la categoría 1A1cii "Otras industrias de la energía".	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
3	Identificar las empresas de generación de electricidad cuya actividad principal no es la generación de electricidad (reportadas actualmente en la categoría 1A1). La producción de electricidad proveniente de dichas empresas debe ser reportado en la categoría 1A2.	Mejorar la comparabilidad del reporte de emisiones.	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo

⁹ Es recomendable que las entidades realicen un plan de trabajo interno más detallado, y que luego de ser validado se inserte en el siguiente RAGEI.

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación ⁹
4	Incorporar los resultados del consumo de energía histórico (2000-2018) relacionado a la demanda de energía sectorial y la producción de carbón vegetal proveniente del Balance Nacional de Energía recientemente actualizado.	Mejora la exactitud y consistencia de la estimación de emisiones en las series temporales.	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo
5	Mejorar los cálculos de incertidumbre tomando en cuenta las precisiones metodológicas brindadas por MINAM.	Mejora la exactitud de la estimación de incertidumbre de los resultados del sector energía	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo
6	Estandarizar las planillas Excel de la serie temporal de los RAGEI.	Mejora la comparabilidad y la exactitud de las estimaciones de emisiones de GEI	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo
7	Calcular las emisiones de gases precursores de GEI de la serie temporal.	Mejora la comparabilidad y la completitud de las estimaciones de GEI de la serie temporal.	No se han iniciado acciones de implementación	Corto plazo
8	Desarrollar los factores de emisión ⁹⁹ específicos de los combustibles a nivel nacional.	Mejora la exactitud de la estimación de emisiones de GEI.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo

6.2. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B)

En esta categoría se incluyen todas las emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, el procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final. Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes fuentes:

- 1B1: Emisiones fugitivas por producción de combustibles sólidos
- 1B2: Emisiones fugitivas por producción de petróleo y gas natural

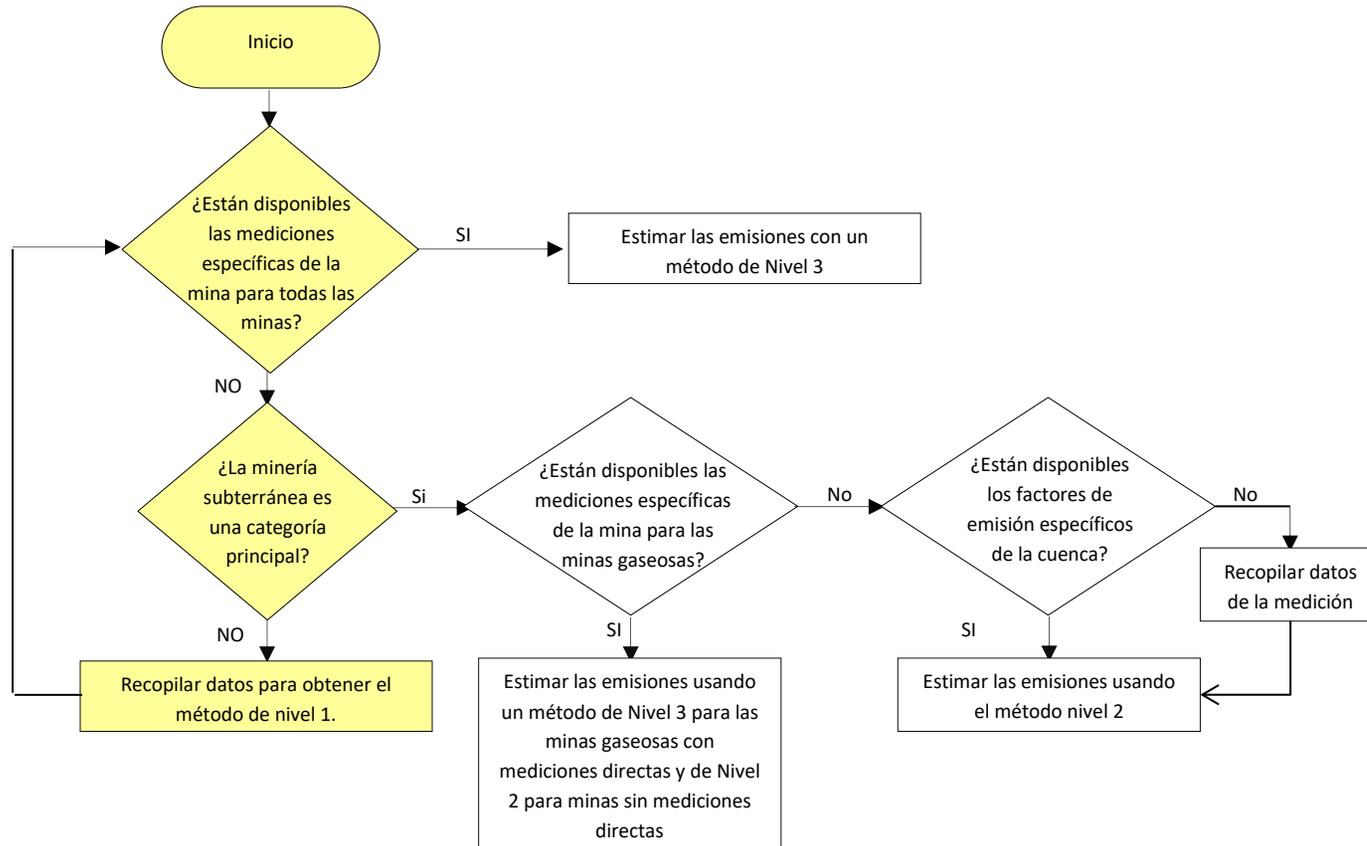
6.2.1 Método de cálculo

La metodología seguida para estimar las emisiones de GEI en esta categoría varía según cada fuente de emisión de GEI. Tal como en el caso de la categoría anterior se utilizaron los árboles de decisión del IPCC.

- **1B1: Emisiones fugitivas por producción de combustibles sólidos**

A continuación, se presenta el árbol de decisiones para la extracción de minas de carbón subterráneo, considerando que para el presente RAGEI se asume un 100% de producción de carbón a través de este tipo de minas.

Gráfico 34. Árbol de decisión para las minas de carbón subterráneo



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, capítulo 4, pág. 4.11

En el Perú no se dispone de información sobre mediciones específicas en mineras subterráneas de carbón y además tampoco son consideradas como una categoría principal por ende es que se usa el nivel 1 de medición. Dado que para esta fuente solo se generan emisiones de metano se presenta solo el análisis para este gas.

En base al árbol de decisiones se tiene el siguiente análisis realizado en consideración al tipo de información nacional y factores de emisión disponibles:

a) CH₄

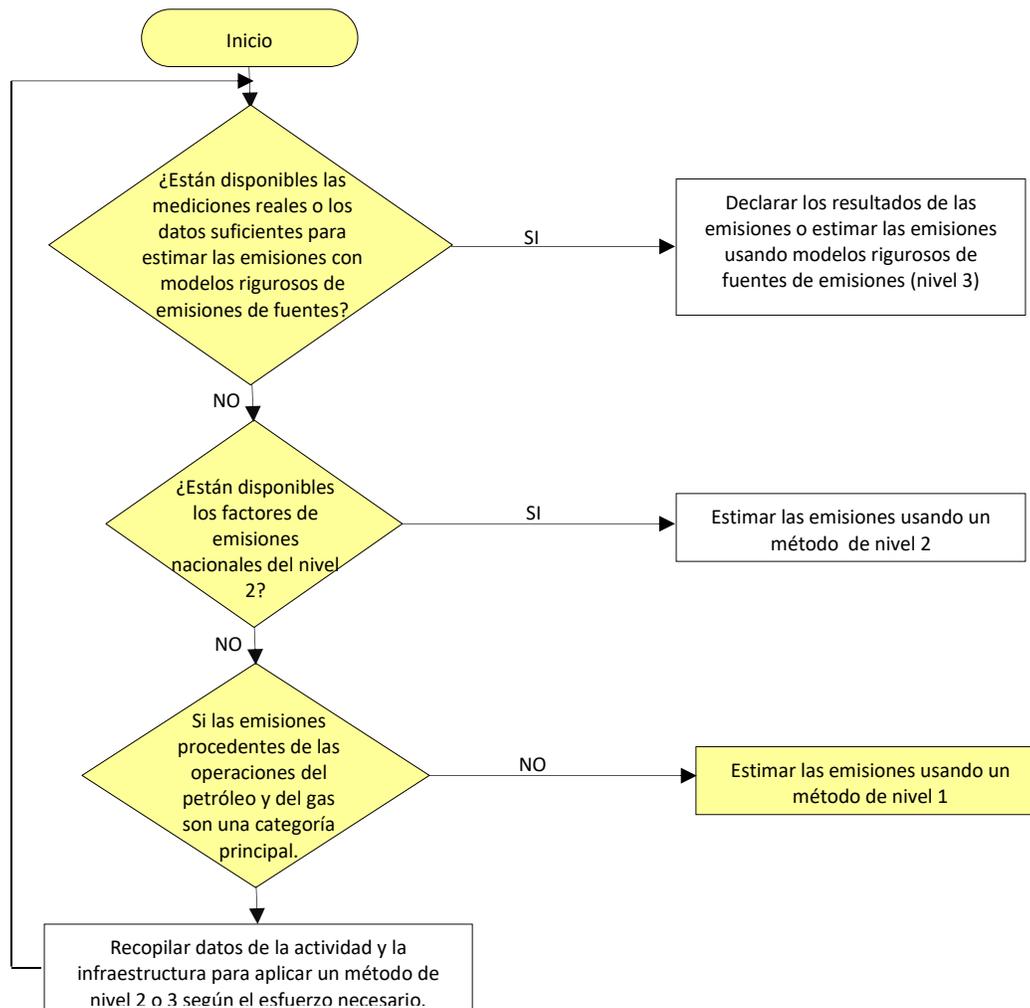
- **Mediciones:** A nivel nacional no se conoce sobre mediciones de CH₄ realizadas.
- **Modelo de cálculo disponible:** No se posee a nivel nacional un método de cálculo establecido.
- **Factores de emisión:** Se ha utilizado el factor de emisión por defecto
- **Categoría principal:** No es una categoría principal

En este caso, el árbol de decisiones sugiere que el método de cálculo sea usando el nivel 1

- **1B2: Emisiones fugitivas por producción de petróleo y gas natural**

A continuación, se presentan los árboles de decisiones para los sistemas de gas natural y para la producción de petróleo crudo.

Gráfico 35. Árbol de decisión para los sistemas de gas natural



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, capítulo 4, pág. 4.38

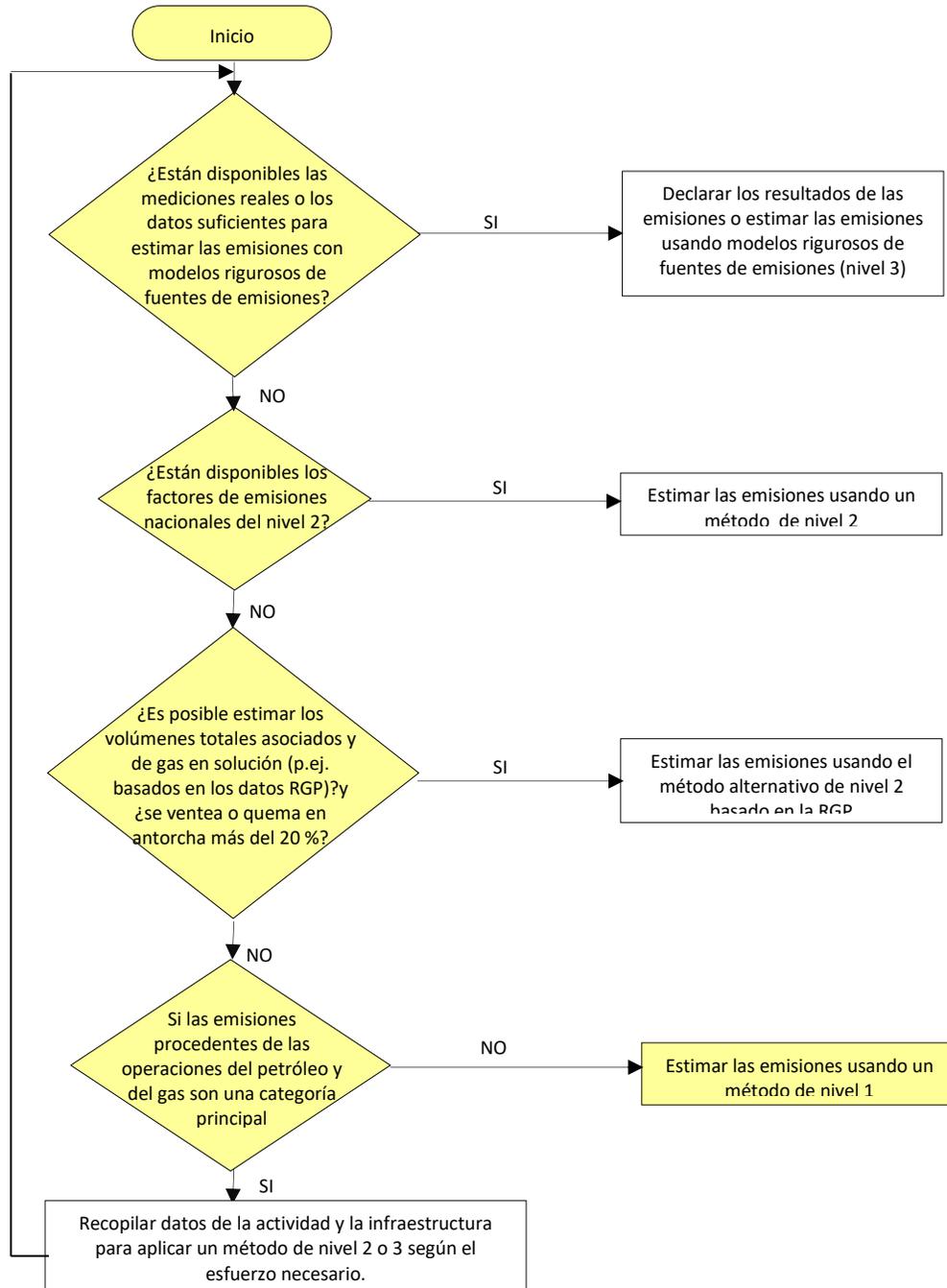
En base al árbol de decisión se presenta el siguiente análisis realizado en consideración al tipo de información nacional y factores de emisión disponibles para las subcategorías de gas natural donde se han estimado emisiones en el presente RAGEI:

a) Para todos los GEI considerados (CO₂, CH₄ y N₂O) y las fuentes: Venteo (1B2bii), Quema de antorcha (1B2bii), Procesamiento (1B2biii3), Transmisión y almacenamiento (1B2biii4) y Distribución (1B2biii5)

- **Mediciones:** Existe disponibilidad de datos, pero se desconoce la existencia de los tipos de mediciones realizadas para llegar a estos resultados.
- **Factores de emisiones nacionales:** No se encuentran disponibles factores de emisión nacionales.
- **Categoría principal:** las emisiones procedentes de las operaciones del petróleo y del gas no son una categoría principal

Para todos estos casos, el árbol de decisiones sugiere que se siga el nivel 1 de cálculo.

Gráfico 36. Árbol de decisión para la producción de petróleo crudo



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, capítulo 4, pág. 4.39

En base al árbol de decisión se presenta el siguiente análisis realizado en consideración al tipo de información nacional y factores de emisión disponibles para las subcategorías de petróleo donde se han estimado emisiones en el presente RAGEI:

b) Para todos los GEI considerados (CO₂, CH₄ y N₂O) y las fuentes Venteo (1B2ai), Quema de antorcha (1B2aii), Producción y refinación (1B2aiii2).

- **Mediciones:** Existe disponibilidad de datos, pero se desconoce la existencia de los tipos de mediciones realizadas para llegar a estos resultados.
- **Factores de emisiones nacionales:** No se encuentran disponibles factores de emisión nacionales.
- **Categoría principal:** Las emisiones procedentes de las operaciones del petróleo y del gas no son una categoría principal.

Para todos estos casos, el árbol de decisiones sugiere que se siga el nivel 1 de cálculo.

La tabla 43 detalla para cada fuente de emisión de GEI las variables o niveles de actividad que se han requerido para los cálculos realizados, como se dispone la información utilizada y además puntualiza el nivel de cálculo aplicado según cada combustible.

Tabla 41. Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión de la sub-categoría emisiones fugitivas de la fabricación de combustibles

Clasificación				Fuente de emisión/captura	Nivel de actividad IPCC	Dato nacional	TIER/Nivel
1				Energía			
	1B			Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles			
		1B1		Combustibles sólidos			
			1B1a	Minería carbonífera y manejo de carbón			
			1B1ai	Minas subterráneas			
			1B1ai1	Minería	Producción de carbón subterráneo	Balance de Carbón Mineral: 2016, unidades originales.	1
			1B1ai2	Emisiones de gas por grietas después de la extracción	Producción de carbón subterráneo	Balance de Carbón Mineral: 2016, unidades originales.	1
			1B1ai.3	Minas subterráneas abandonadas	NE		
			1B1ai.4	Quema en antorcha de metano drenado o conversión de metano en CO ₂	NE		
			1B1aii	Minas terrestres	IE		
			1B1a.ii1	Minería			
			1B1a.ii.2	Emisiones de gas por grietas después de la extracción			
			1B1b	Combustión no controlada y vertederos de carbón quemados	NE		
	1B2			Petróleo y gas natural			
		1B2a		Petróleo			
			1B2ai	Venteo	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Producción de Hidrocarburos líquidos por zonas geográficas 2016	1
			1B2aii	Quema de antorcha			1
			1B2aiii	Todos los demás	NE		
			1B2aiii1	Exploración			
			1B2aiii2	Producción y refinación	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Producción de Hidrocarburos líquidos por zonas geográficas 2016	1
			1B2aiii3	Transporte			
			1B2a.iii4	Refinación			

Clasificación				Fuente de emisión/captura	Nivel de actividad IPCC	Dato nacional	TIER/Nivel
			1B2aiii5	Distribución de productos petrolíferos			
			1B2aiii6	Otros			
		1B2b		Gas natural			
			1B2bi	Venteo	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Balance anual de gas natural al 2016	1
				Venteo por transporte			1
			1B2bii	Quema de antorcha			1
			1B2biii	Todos los demás			
			1B2biii1	Exploración	NE		
			1B2biii2	Producción	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Balance anual de gas natural al 2016	1
			1B2biii3	Procesamiento	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Balance anual de gas natural al 2016	1
			1B2biii4	Transmisión y almacenamiento	Valor de la actividad (unidades de la actividad)		1
			1B2biii5	Distribución	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Usos del gas distribuido durante el 2016	1
			1B2biii6	Otros	NE		
	1B3			Otras emisiones de producción de energía	NO		

Fuente: DGEE - MINEM

A continuación, se detalla las ecuaciones que se emplearon para las emisiones por la categoría emisiones fugitivas, que incluyen todas las fuentes de emisión de la categoría 1B (1B1, 1B2a y 1B2b).

○ **1B1: Emisiones fugitivas por producción de combustibles sólidos**

Ecuación 4.1.1. Estimación de las emisiones procedentes de minas de carbón subterráneas para Nivel 1 y 2, sin ajuste para utilización o quema en antorcha del metano

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{producción de carbón no lavado} \bullet \text{FE} \bullet \text{FC}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 4.9, Ecuación 4.1.1

Dónde:

FE = factor de emisión
 FC = factor de conversión de unidades

Ecuación 2.1.3. Método de promedio global – extracción subterránea – antes de realizar ajustes para utilización de metano o quema en antorcha

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \text{FE}_{\text{CH}_4} \bullet \text{Producción de carbón subterráneo} \bullet \text{FC}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 4.11, Ecuación 4.1.3

Dónde:

FE_{CH4} = factor de emisión del metano
 FC = factor de conversión de unidades

○ **1B2: Emisiones fugitivas por producción de petróleo y gas natural**

Ecuación 4.2.1. Nivel 1: estimación de las emisiones fugitivas procedentes de un segmento de la industria

$$E_{\text{gas.segmento de la industria}} = A_{\text{segmento de la industria}} \bullet \text{FE}_{\text{gas segmento de la industria}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol.2, p. 4.41, Ecuación 4.2.1

Ecuación 4.2.2. Nivel 1: total de emisiones fugitivas procedentes de los segmentos de la industria

$$\text{Emisiones}_{\text{gas}} = \sum_{\text{segmento de la industria}} E_{\text{gas.segmento de la industria}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 4.41, Ecuación 4.2.2

Dónde:

E_{gas.segmento de la industria} = Emisiones anuales (Gg)
A_{segmento de la industria} = Factor de emisión (Gg/unidad de actividad)
FE_{gas segmento de la industria} = Valor de la actividad (unidades de actividad)

6.2.2 Datos de actividad

En esta sección se describe cada fuente de emisión de GEI de la categoría emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B) y se hace un análisis de los datos nacionales requeridos para estimar los niveles de actividad requeridos para poder estimar las emisiones de GEI.

○ **1B1: Combustibles Sólidos**

En esta sub-categoría se deben incluir todas las emisiones de GEI intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, el procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final, estas incluyen: a) El gas drenado producido por los sistemas de desgasificación, b) ventilación, c) emisiones posteriores a la extracción, d) volumen de metano recuperado y utilizado o quemado en antorcha y e) minas de carbón subterráneas abandonadas.

1B1ai1: Combustibles sólidos – Minas subterráneas de carbón – Minería

Fuente que considera todas las emisiones de gas por grietas venteadas a la atmósfera por sistemas de ventilación del aire y de desgasificación de minas de carbón. Los datos de actividad (producción de carbón) para esta fuente fueron obtenidos del Balance Nacional de Energía.

1B1ai2: Combustibles sólidos – Minas subterráneas de carbón – Emisiones por grietas después de la extracción

En esta fuente se consideran las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión no controlada debida a las actividades de explotación del carbón. Los datos de actividad (producción de carbón) para esta fuente es la misma que se usó en la fuente anterior, es decir del Balance Nacional de Energía.

Tabla 42. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de los combustibles sólidos

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B1ai	Minería	Producción de carbón subterráneo	2016: Producción nacional de carbón (volumen), unidades originales.	ton	Ministerio de Energía y Minas (2016). Anuario Minero – Perú 2016. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2016/anuario2016.pdf	Con la producción nacional de carbón se estiman las emisiones de CH ₄ .	CH ₄	Se desconoce la participación del tipo de actividad minera por lo que se asume, a juicio de expertos, que todo el carbón proviene de la minería subterránea. La estadística no separa información sobre la cantidad de carbón extraída por minería subterránea y minería superficial. Las estadísticas nacionales reportan el carbón extraído por tipo: antracita y bituminoso, que son los más comercializados en el Perú.
	Emisiones de gas por grietas después de la extracción	Producción de carbón subterráneo	2016: Producción nacional de carbón (volumen), unidades originales.	ton				

Fuente: DGEE – MINEM

Dado que las unidades de donde se obtiene la información son las mismas a las requeridas (t), las emisiones de GEI se obtienen directamente multiplicándose por su respectivo factor de emisión.

- **1B2A: Petróleo**

En esta sub categoría se consideran todas las emisiones de GEI generadas por venteo, quema en antorcha y producción y refinación de petróleo crudo.

1B2ai: Venteo

En esta fuente se incluyen las emisiones por el venteo de gases y corrientes de desecho de gas / vapores vinculados en instalaciones petroleras. Para esta fuente se obtuvo información de la producción nacional de petróleo del documento Estadísticas Petroleras de Perupetro.

Tabla 43. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – venteo

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2a1	Venteo	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Producción de Hidrocarburos líquidos por zonas geográficas 2016	Bls	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016	Con la producción nacional de petróleo se estiman las emisiones de GEI al multiplicar por su respectivo factor de emisión	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	

Fuente: DGEE - MINEM

La información obtenida se encuentra en las unidades requeridas según el IPCC, en ese sentido las emisiones de GEI se obtienen multiplicándose por su respectivo factor de emisión.

1B2aii: Quema en antorcha

Fuente que considera las emisiones generadas por la quema en antorcha de gas natural y corrientes de desecho de gas/vapor en instalaciones petroleras. Para esta fuente se obtuvo información de la producción nacional de petróleo del documento Estadísticas Petroleras de Perupetro.

Tabla 44. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – quema de antorcha

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2a ⁱⁱ	Quema de antorcha	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Producción de Hidrocarburos líquidos por zonas geográficas 2016	Bls	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016	Con la producción nacional de petróleo se estiman las emisiones de GEI	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	

Fuente: DGEE - MINEM

La información obtenida se encuentra en las unidades requeridas según el IPCC, en ese sentido las emisiones de GEI se obtienen multiplicándose por su respectivo factor de emisión.

1B2aiii2: Producción y refinación

Se incluyen en esta fuente todas las emisiones fugitivas generadas por la producción de petróleo (excluidas la ventilación y la quema en antorcha) que tiene lugar en el cabezal del pozo en las arenas petrolíferas o en minas de esquistos hasta el inicio del sistema de transmisión del petróleo. Para esta fuente se obtuvo información de la producción nacional de petróleo del documento Estadísticas Petroleras de Perupetro.

Tabla 45. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de petróleo – producción y refinación

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2aiii2	Producción y refinación	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Producción de Hidrocarburos líquidos por zonas geográficas 2016	Bls	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016	Con la producción nacional de petróleo se estiman las emisiones de GEI	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que la información requerida se encuentra en unidades de volumen (barriles) estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) para luego ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

- **1B2B: Gas Natural**

En esta sub-categoría se abarcan las emisiones por venteo, quema en antorcha y toda otra fuente fugitiva vinculada al procesamiento, transporte, almacenamiento y a la distribución de gas natural.

1B2bi: Venteo

En esta fuente se contabilizan las emisiones generadas por el venteo de gas natural y corrientes de desecho de gas / vapor en instalaciones de gas. La información del gas natural venteado es obtenida del documento estadísticas petroleras de Perupetro. Adicionalmente, se consideran las emisiones de venteo generadas por los sistemas usados para transportar gas natural procesado al mercado nacional y exportación.

Tabla 46. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural - venteo

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2bi	Venteo	Volumen de gas natural venteado	Balance anual de gas natural al 2016	MMpie ³	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016	Para estimar las emisiones de GEI, la cantidad de gas natural venteado, se multiplica por el factor de emisión por venteo	CO ₂ , CH ₄	
1B2bi	Venteo por transporte	Volúmenes de gas natural comercializable	Balance anual de gas natural al 2016	MMpie ³	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016 Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Para estimar las emisiones de GEI por el procesamiento del gas natural se multiplica por el factor de emisión respectivo	CO ₂ , CH ₄ ,	

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que la información requerida se encuentra en unidades de volumen (millones de pies cúbicos) estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) para luego ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

1B2bii: Quema en antorcha

Fuente que incluye las emisiones por la quema en antorcha de gas natural y corrientes de desecho de gas / vapor en instalaciones de gas. La información del gas natural quemado es obtenida del documento estadísticas petroleras de Perupetro.

Tabla 47. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – quema de antorcha

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2bii	Quema de antorcha	Volumen de gas natural quemado	Balance anual de gas natural al 2016	MMpie ³	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016	Para estimar las emisiones de GEI, la cantidad de gas natural quemado se multiplica por el factor de emisión por quema en antorcha	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	

Fuente: DGEE - MINEM

Aquí también la información requerida se encuentra en unidades de volumen (millones de pies cúbicos) por lo que estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) y luego se obtienen las emisiones de GEI al ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

1B2biii3: Procesamiento

En esta fuente se consideran las emisiones fugitivas (excluidas las emanadas por venteo y quema en antorcha) de instalaciones de procesamiento de gas. La información del gas natural vendido (nacional y exportado) es obtenida del documento: estadísticas petroleras de Perupetro.

Tabla 48. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – procesamiento

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2biii3	Procesamiento	Volúmenes de gas natural vendido	Balance anual de gas natural al 2016	MMpie3	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016 Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Para estimar las emisiones de GEI por el procesamiento del gas natural se multiplica por el factor de emisión respectivo	CO ₂ , CH ₄ ,	

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que la información requerida se encuentra en unidades de volumen (millones de pies cúbicos) estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) para luego ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

1B2biii4: Transmisión y almacenamiento

Esta fuente incluye a las emisiones fugitivas de sistemas usados para transportar gas natural procesado a los mercados (o sea, a los consumidores industriales y a los sistemas de distribución de gas natural). En esta categoría deben incluirse también las emisiones fugitivas de los sistemas de almacenamiento de gas natural. La información del gas natural vendido (mercado nacional y exportado) es obtenida del documento: estadísticas petroleras de Perupetro y el balance nacional de energía.

Tabla 49. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – transmisión y almacenamiento

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2biii4	Transmisión y almacenamiento	Volúmenes de gas natural comercializable	Balance anual de gas natural al 2016	MMpie3	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016 Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Para estimar las emisiones de GEI por el procesamiento del gas natural se multiplica por el factor de emisión respectivo	CO ₂ , CH ₄ ,	

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que la información requerida se encuentra en unidades de volumen (millones de pies cúbicos) estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) para luego ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

1B2biii5: Distribución

Fuente que incluye las emisiones fugitivas (excluidas las emanadas por venteo y quema en antorcha) de la distribución de gas natural a los usuarios finales. La información del gas natural distribuido es obtenida del documento: Balance Nacional de Energía del Ministerio de Energía y Minas.

Tabla 50. Datos de actividad utilizados para la categoría emisiones fugitivas de la producción de gas natural – distribución

Clasificación	Fuente de emisión/captura	Dato de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información	GEI generados	Comentarios
1B2biii5	Distribución	Valor de la actividad (unidades de la actividad)	Usos del gas distribuido durante el 2016	10 ⁶ m ³	Perupetro. Estadística Petrolera 2016. Recuperado de https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/8edfcf71-e3cc-4652-9322-947731b0e278/2016+ok.pdf?MOD=AJPERES&2016 Ministerio de Energía y Minas (2016). Balance Nacional de Energía 2016.	Para estimar las emisiones de GEI por el procesamiento del gas natural se multiplica por el factor de emisión respectivo	CO ₂ , CH ₄ ,	

Fuente: DGEE - MINEM

Dado que la información requerida se encuentra en unidades de volumen (millones de pies cúbicos) estas se convierten a las unidades de volumen requerido (m³) para luego ser multiplicado por su respectivo factor de emisión.

6.2.3 Factores de emisión

a) 1B1: Combustibles Sólidos

Los factores de emisión utilizados para las fuentes en esta categoría son los siguientes:

Tabla 51. Factor de emisión del metano de la minería subterránea del carbón

Etapa	CH ₄
	FE por defecto (m ³ /t)
Extracción	17.5
Post-extracción	2.45

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, pág. 4.12

b) 1B2A: Petróleo

Los factores de emisión que se utilizaron para las emisiones fugitivas derivadas de la producción del petróleo fueron los siguientes:

Tabla 52. Factores de emisión de nivel 1 para las emisiones fugitivas (incluidos el venteo y la quema en antorcha) procedentes de las operaciones de petróleo en los países en desarrollo y en los países con economías en transición

Categoría	Subcategoría	Fuente de emisión	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	Unidades de medida
			Valor	Valor	Valor	
Perforación de pozos	Todas	Quema en antorcha y venteo	2.97E-04	9.00E-04	-	Gg / 10 ³ m ³ petróleo producido
Prueba de pozos	Todas	Quema en antorcha y venteo	4.51E-04	7.95E-02	5.84E-07	Gg / 10 ³ m ³ petróleo producido
Servicios a los pozos	Todas	Quema en antorcha y venteo	9.55E-04	1.70E-05	-	Gg / 10 ³ m ³ petróleo producido
Producción de petróleo	Total ponderado por defecto	Fugitivas	1.96E-02	2.49E-03	-	Gg / 10 ³ m ³ petróleo producido

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, pág. 4.55 y 4.60 (cuadro 4.2.5)

c) 1B2B: Gas Natural

Los factores de emisión que se utilizaron para las emisiones fugitivas derivadas de la producción del gas natural fueron los siguientes:

Tabla 53. Factores de emisión de nivel 1 para las emisiones fugitivas (incluidos el venteo y la quema en antorcha) procedentes de las operaciones gas natural en los países en desarrollo y en los países con economías en transición

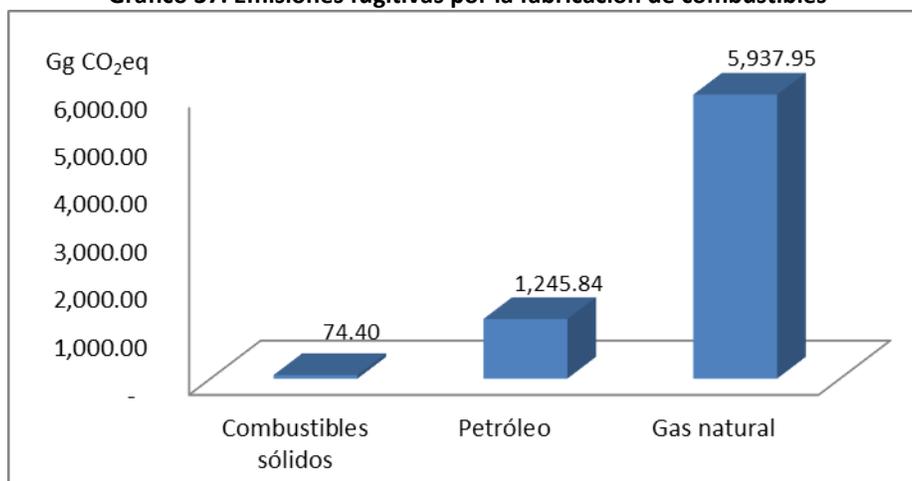
Categoría	Subcategoría	Fuente de emisión	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	Unidades de medida
			Valor	Valor	Valor	
Venteo por transporte		Fugitivas	3.92E-04	5.20E-06	-	Gg / 10 ⁶ m ³ de gas comercializable
Quema en antorcha del gas natural		Quema real declarada	1.20E-02	2.00E+00	2.30E-05	Gg / Gg / 10 ⁶ m ³ de gas quemado en antorcha
Producción		Fugitivas	1.20E-02	9.70E-05	0	Gg / 10 ⁶ m ³ de producción de gas
Procesamiento del gas	Plantas de gas dulce	Fugitivas	7.90E-04	2.50E-04	0	Gg / 10 ⁶ m ³ de carga de gas crudo
		Quema en antorcha	1.40E-06	2.15E-03	2.95E-08	Gg / 10 ⁶ m ³ de carga de gas crudo
Transmisión y almacenamiento del gas	Transmisión	Fugitivas	6.33E-04	1.44E-06	-	Gg / 10 ⁶ m ³ de carga de gas crudo
	Almacenamiento	Todas	4.15E-05	1.85E-07	-	Gg / 10 ⁶ m ³ de ventas de servicios
Distribución del gas	Todas	Todas	1.80E-03	9.55E-05	-	Gg / 10 ⁶ m ³ de ventas de servicios

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, pág. 4.55 y 4.60 (cuadro 4.2.5)

6.2.4 Análisis de resultados

Las emisiones de GEI aquí generadas son las que se emanan en calidad de fuga durante las actividades de producción de carbón, petróleo y gas natural. En el año 2016 la producción del gas natural fue la que generó mayores emisiones.

Gráfico 37. Emisiones fugitivas por la fabricación de combustibles



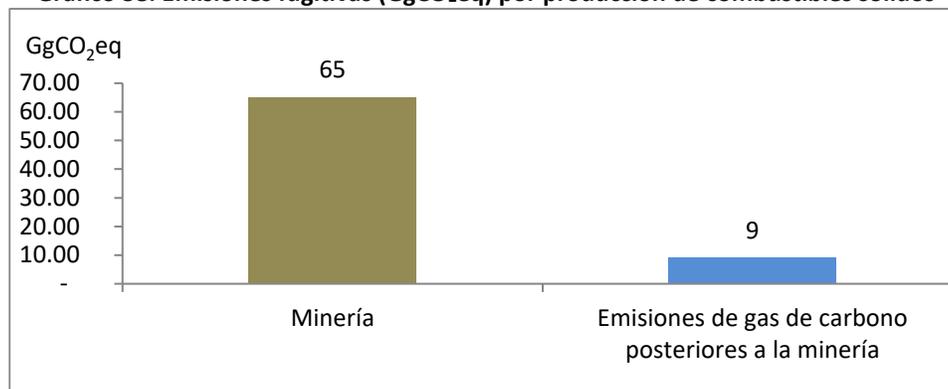
Fuente: DGEE - MINEM

a) Combustibles Sólidos

1B1: Emisiones fugitivas por producción de combustibles sólidos

Para esta subcategoría se consideraron las emisiones que generaron las fuentes: minería subterránea (1B1ai1) y minería subterránea post-extracción (1B1ai2). Estas fuentes generan principalmente emisiones de metano. En su conjunto estas fuentes emitieron 74 GgCO₂eq que representa el 0.2% de las emisiones en el presente RAGEI. La fuente que más influyó fue la minería propiamente que generó 65 GgCO₂eq.

Gráfico 38. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de combustibles sólidos

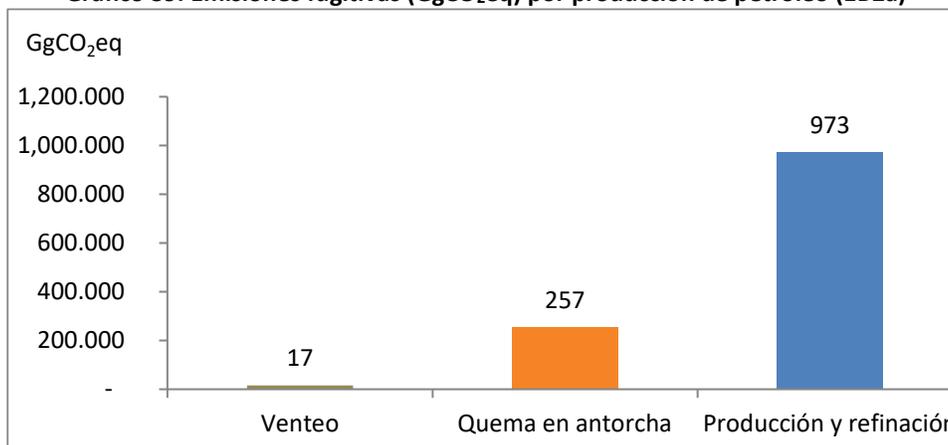


Fuente: DGEE - MINEM

1B2a: Emisiones fugitivas por producción de petróleo

Para esta subcategoría se consideraron las emisiones que generaron las fuentes: venteo (1B2ai), quema en antorcha (1B2aii) y producción y refinación (1B2aiii2). Estas fuentes en su conjunto emitieron 1,246 GgCO₂eq lo que representó el 3.4 % de las emisiones aquí presentadas.

Gráfico 39. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de petróleo (1B2a)



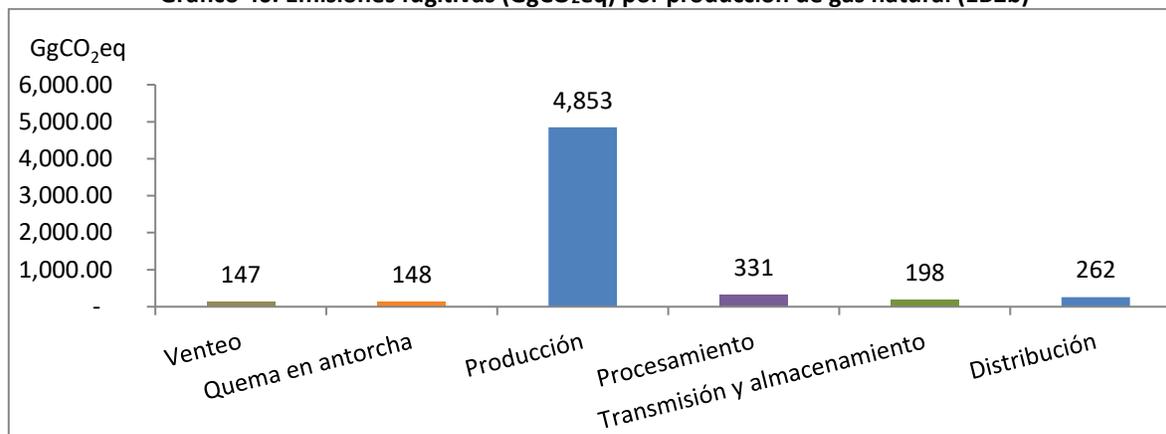
Fuente: DGEE - MINEM

1B2b: Emisiones fugitivas por producción de gas natural

Para esta subcategoría se consideraron las emisiones que generaron las fuentes: venteo (1B2bi), quema en antorcha (1B2bii), producción (1B2biii2), (procesamiento (1B2biii3), transmisión y

almacenamiento (1B2biii4) y Distribución (1B2biii5). Estas fuentes en su conjunto emitieron 5,938 GgCO₂eq lo que representó el 16% de las emisiones de GEI aquí presentadas.

Gráfico 40. Emisiones fugitivas (GgCO₂eq) por producción de gas natural (1B2b)



Fuente: DGEE – MINEM

6.2.5 Sigüientes pasos

La siguiente tabla presenta las acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI:

Tabla 54. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación ¹⁰
1	Recopilar información necesaria para determinar las emisiones fugitivas por minas subterráneas abandonadas	Mejora la exactitud y completitud de la estimación de emisiones de GEI.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo

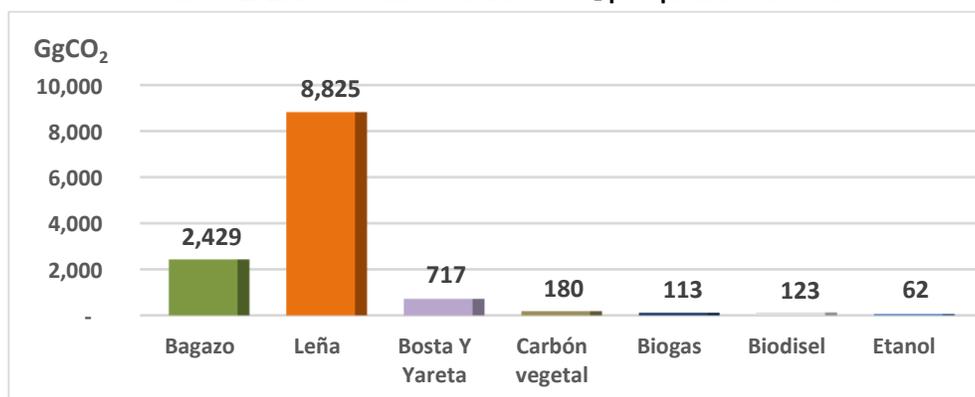
¹⁰ Es recomendable que las entidades realicen un plan de trabajo interno más detallado, y que luego de ser validado se inserte en el siguiente RAGEI.

7. EMISIONES INFORMATIVAS

En el año 2016, las emisiones de GEI generadas por la combustión de la biomasa con fines energéticos o emisiones informativas fueron de 12,449 GgCO₂. Estas emisiones se han generado por la quema de leña (principalmente en el sector residencial de la zona rural), bagazo (usado en la generación de electricidad), bosta/yareta (sector residencial) carbón vegetal (en los sectores residencial, comercial e industrial), biocombustibles (etanol y biodiesel presente en el gasohol y diésel B5 respectivamente) y el gas de vertedero generado centrales térmicas.

A continuación, se presenta de manera gráfica las emisiones de GEI estimadas para el año 2016 según tipo de combustible.

Gráfico 41. Emisiones informativas de CO₂ por quema de biomasa



Fuente: DGEE - MINEM

8. METODO DE REFERENCIA

8.1 Justificación

El IPCC recomienda desarrollar, para el sector energía, un método adicional de cálculo de las emisiones de GEI para fines comparativos con los cálculos realizados según el método sectorial. Este se denomina el método de referencia, el cual tiene un enfoque top-down que consiste en el cálculo de las emisiones de GEI de la categoría de actividades de quema de combustibles (1A) a través de un balance de los combustibles que se consumen en el país (considerando la producción, importación y exportación), así como el carbono excluido y oxidado.

8.2 Metodología

En base a las indicaciones que da las Directrices del IPCC de 2006 en su volumen 2, capítulo 6 (Método de referencia) se procedieron a realizar los cálculos respectivos para el año 2016. Esta es la segunda vez que se realiza dicho cálculo.

La metodología del método de referencia divide el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono, procedente de la quema de combustibles, en 5 pasos:

- Paso 1: estimar el consumo aparente de combustible en unidades originales
- Paso 2: convertirlo en una unidad común de energía
- Paso 3: multiplicarlo por el contenido de carbono para computar el carbono total
- Paso 4: computar el carbono excluido
- Paso 5: corregir el carbono sin oxidar y convertir en emisiones de CO₂

Se expresan estos pasos en la siguiente ecuación:

Ecuación de emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible a través del método de referencia

$$\text{Emisiones CO}_2 = \sum \left[\left(\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} \bullet \text{Factor conv}_{\text{combustible}} \bullet \text{CC}_{\text{combustible}} \right) \bullet 10^{-3} - \left[\text{Carbono excluido}_{\text{combustible}} \bullet \text{FOC}_{\text{combustible}} \bullet 44/12 \right] \right]$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, página 6.5

Dónde:

- Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ (Gg CO₂)
- Consumo aparente = producción + importaciones – exportaciones – tanques de combustible internacionales – cambio en las existencias
- Factor conv = factor de conversión para el combustible en unidades de energía (TJ) sobre una base de valor calórico neto
- CC = contenido de carbono (tonelada de C/TJ)
- Carbono excluido = carbono en la alimentación a procesos y uso no energético excluido del combustible
- FOC (factor de oxidación del carbono) = fracción de carbono que se oxida, normalmente el valor es 1, lo que refleja la oxidación completa. Se usan los valores inferiores únicamente para justificar el carbono que queda retenido en forma indefinida en la ceniza o en el hollín
- 44/12 = relación del peso molecular del CO₂ al C.

Para poder calcular el consumo aparente de los combustibles es necesario contar con la siguiente información:

- Las cantidades de combustibles primarios producidos (no se incluye la producción de combustibles secundarios ni los productos del combustible);
- Las cantidades de combustibles primarios y secundarios importados;
- Las cantidades de combustibles primarios y secundarios exportados;
- Las cantidades de combustibles primarios y secundarios usados en los tanques internacionales;
- Los incrementos o las reducciones netos de las existencias de combustibles primarios y secundarios.

Con esta información se procede a ejecutar la siguiente ecuación en el caso de los combustibles primarios.

Ecuación de consumo aparente de combustible primario

$$\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} = \text{Prod.}_{\text{combustible}} + \text{Imp.}_{\text{combustible}} - \text{Exp.}_{\text{combustible}} - \text{Tanques internacionales}_{\text{combustible}} - \text{Cambio en las existencias}_{\text{combustible}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 6, pág 6.6

Para estimar el consumo aparente de los combustibles secundarios se usa una ecuación similar a la de los combustibles primarios, la única diferencia y con toda lógica es que en esta no se incluye a la producción de los combustibles primarios.

Ecuación de consumo aparente de combustible secundario

$$\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} = \text{Imp.}_{\text{combustible}} - \text{Exp.}_{\text{combustible}} - \text{Tanques internacionales}_{\text{combustible}} - \text{Cambio en las existencias}_{\text{combustible}}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 6, pág 6.7

Es importante mencionar que no se dispuso de información para lo que es tanques internacionales y cambio en las existencias motivo por el que se trabajó solo con datos de producción, importación y exportación.

En adición a lo anterior tampoco se ha incluido en los cálculos debido a la inexistencia de información al carbono excluido, el cual incluye a los siguientes:

Tabla 55. Productos usados como alimentación a procesos, reductores y para fines no energéticos

Alimentación a proceso	Nafta
	GLP (Propano/butano)
	Gas de refinería
	Gas / diésel y kerosene
	Gas natural
	Etano
Reductor	Coque para horno de coque (coque metalúrgico) y coque de petróleo
	Carbón y alquitrán de hulla / brea de alquitrán de hulla
	Gas natural
Productos no energéticos	Alquitrán
	Lubricantes
	Ceras de parafina
	Espíritu blanco

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 6, Cuadro 6.1

Tal como se indica por el IPCC primero se hizo un inventario, según información del último Balance Nacional de Energía, de la producción de los combustibles primarios además de la importación, exportación de combustibles primarios y secundarios, el consumo de combustibles en bunkers y los cambios de stock o carbono que no debería contabilizarse dado que su uso no es para fines de combustión sino para otros como por ejemplo fines de agente reductor. En el ejercicio realizado no se ha podido contabilizar el carbono usado para otros fines no energéticos debido a que no se posee esta información. Una vez con el balance de los combustibles, estos son llevados a unidades de energía (TJ) obteniéndose así el consumo aparente.

El consumo aparente posteriormente es llevado a unidades de carbono, según los valores por defecto del contenido de carbono en combustibles que propone el IPCC en su volumen 2, capítulo 1: Introducción, una vez que se poseen los datos del carbono consumido estos se llevan a unidades de dióxido de carbono (CO₂) al usarse la relación molar entre dióxido de carbono y carbono (44/12 = 3.667).

Habiéndose realizado esto se estimó la cantidad de emisiones de CO₂ generadas según el método y se comparó con los resultados obtenidos según el método sectorial.

8.3 Análisis comparativo entre el Método de Referencia y el Método por Sectores

Aplicándose la metodología descrita en la sección anterior, se estimaron las emisiones de CO₂ generadas según el método de referencia y se compararon los resultados obtenidos con los del método por sectores. Es preciso señalar, que para estimar las emisiones del método sectorial se ha requerido de información de las emisiones del sector energía – Combustión Móvil estimado por el MTC; asimismo, en la estimación se debe sumar las emisiones informativas de CO₂ por biomasa.

Tabla 56. Comparación de emisiones de GEI entre métodos del IPCC

Método		Quema de combustible	Total
Método Sectorial	Sector Energía - Combustión estacionaria	29,117.91	49,669
	Sector Energía - Combustión móvil	20,551.55	
Método de Referencia		53,307.16	53,307.16
Variación porcentual (%)			7.32%

Fuente: DGEE – MINEM

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la diferencia encontrada entre ambos métodos resultó de -7.32%, este valor supera ligeramente el valor señalado por el IPCC que corresponde a $\pm 5\%$. Es importante señalar que, esta diferencia se podría deber a que para el método sectorial se han utilizado los datos del RAGEI del sector Energía – Combustión móvil, elaborado por MTC y que para su elaboración ha utilizado datos del OSINERGMIN, los mismos que difieren a los existentes en el BNE (usados para el RAGEI del sector Energía – Combustión estacionaria y emisiones fugitivas). Dicha diferencia también podría deberse a la variación de inventarios que se tiene por las diferentes fuentes energéticas.

Se espera que, en corto plazo, en conjunto con el Ministerio de Energía y Minas se realicen las gestiones necesarias para poder mejorar la comparación entre ambos métodos, dichas gestiones consisten en:

- Realizar la gestión para poder acceder a la asistencia técnica requerida para realizar el método de referencia.

Empezar a generar información a un nivel de detalle que facilite la elaboración del método de referencia.

8.4 Gestiones para mejorar este análisis comparativo

Luego de la experiencia tenida se han encontrado algunas acciones que serán necesarias para poder mejorar la comparación entre ambos métodos. Las gestiones que serán necesarias para los próximos RAGEI serán las siguientes:

- Realizar la gestión para poder acceder a la asistencia técnica requerida para realizar el método de referencia.
- Empezar a generar información a un nivel de detalle que facilite la elaboración del método de referencia. Es difícil cuantificar por ejemplo el carbono excluido.

9. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan y describen algunas recomendaciones que mejorarán la elaboración de los próximos RAGEI.

- a) Revisión externa por expertos. - Es una buena práctica asegurar la calidad de los resultados presentados en el RAGEI, por ello todo RAGEI debería ser sometido a un proceso de revisión realizado por especialistas o expertos externos al MINEM.
- b) Generar capacidades para estimar la incertidumbre y las emisiones fugitivas. - Se necesita tener mayor comprensión del proceso de cálculo de ambas, en el caso de la incertidumbre para poseer mayor entendimiento y respecto a las emisiones fugitivas además de mayor entendimiento porque están sujetas a información que pocas veces se dispone (minería). Se deberá para ello, en coordinación con MINAM, identificar a las instituciones que puedan fortalecer dichas capacidades.
- c) Generar mayor involucramiento del sector público y privado. - Es relevante tener más acercamiento y buenas relaciones con el sector público y privado de manera que se podría tener mayor acceso a la información.
- d) Generar información de forma más desagregada. - Actualmente parte de la información requerida para realizar los cálculos no se dispone al nivel requerido, en ese sentido el sector debería iniciar las gestiones para generar información al detalle requerido.
- e) Desarrollar herramienta para el control de la calidad. - Se necesita contar con herramientas de soporte para el control de calidad continuo durante la elaboración del RAGEI.

10. ANEXOS

Anexo 1. Datos del responsable y colaboradores del RAGEI

Datos	Descripción
<i>Nombres y Apellidos</i>	<i>Jesús Walter Carrasco Chacón</i>
<i>Cargo</i>	<i>Director General de Eficiencia Energética (e)</i>
<i>Correo Electrónico</i>	jcarrasco@minem.gob.pe
<i>Teléfono - Anexo</i>	<i>4111100 anexo 2600</i>
<i>Dirección de Línea</i>	<i>Dirección General de Eficiencia Energética</i>
<i>Institución</i>	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>

Datos	Descripción
<i>Nombres y Apellidos</i>	<i>Giannina Milagros Ibarra Vásquez</i>
<i>Cargo</i>	<i>Especialista en Planeamiento Energético - Ambiental</i>
<i>Correo Electrónico</i>	gibarra@minem.gob.pe
<i>Teléfono - Anexo</i>	<i>4111100 anexo 2605</i>
<i>Dirección de Línea</i>	<i>Dirección General de Eficiencia Energética</i>
<i>Institución</i>	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>

Datos	Descripción
<i>Nombres y Apellidos</i>	<i>Alfonso Eduardo Córdova Rau</i>
<i>Cargo</i>	<i>Especialista en NAMA y MRV</i>
<i>Correo Electrónico</i>	acordova@minem.gob.pe
<i>Teléfono - Anexo</i>	<i>4111100 anexo 2623</i>
<i>Dirección de Línea</i>	<i>Consultor</i>
<i>Institución</i>	<i>Proyecto: Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de generación de energía y su uso final en el Perú del Programa de Naciones Unidas por el Desarrollo (PNUD)</i>

Anexo 2. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI.

Dada la extensión de la información se presenta en la planilla de cálculo del 2016.

Anexo 3. Estimación del factor de emisión nacional del gas natural

Para estimar el factor de emisión de la combustión del gas natural se siguió la metodología del API¹¹ la cual te permite calcular directamente las emisiones de CO₂ y para que de esto se obtenga el factor de emisión propiamente. La metodología indicada presenta la siguiente fórmula para determinar las emisiones de GEI por la quema del gas natural.

Ecuación 3: Emisiones de CO₂ por consumo de gas natural

$$E_{CO_2} = FC \times \frac{1}{\text{molar volume conversion}} \times MW_{\text{Mixture}} \times Wt\% C_{\text{Mixture}} \times \frac{44}{12}$$

Donde

E_{CO_2} =	emisiones de CO ₂ en masa (lb o kg)
FC =	consumo de combustible (pie ³ o m ³)
Molar volumen conversión =	conversión de volumen molar a masa (23.685m ³ /kgmol)
MW _{mixture} =	Peso molecular de la mezcla
Wt% C _{Mixture} =	Porcentaje en peso del carbono en mezcla
44/12 =	Conversión estequiometría de C a CO ₂

Para estimar entonces las emisiones de CO₂, los únicos datos que se requirieron fueron el peso molecular de la mezcla del gas natural y la participación porcentual en peso del carbono en el gas natural. La cantidad de combustible consumido puede ser variable y el valor de la conversión de volumen molar a masa es constante.

Los datos requeridos fueron proveídos por Pluspetrol Perú Corporation, quien facilitó datos representativos de la composición molar del gas natural para todos los meses del año 2016. Para poder estimar el peso molecular del gas natural (MW_{Mixture}), se trabajó con los valores promedio considerando los 12 meses del año, los mismos que sirvieron para hallar el porcentaje en peso del carbono que contiene el gas natural (Wt% C_{Mixture}).

Con la información obtenida se estimó el peso molecular del gas natural sumando todos los productos obtenidos de la multiplicación de la fracción molar de cada componente del gas natural por su respectivo peso molecular, obteniéndose un peso de 17.54g. La participación en peso del carbono contenido en el gas natural se obtuvo sumando todos los productos de la multiplicación de las fracciones molares de cada componente por el porcentaje en peso de carbono contenido en el mismo componente, obteniéndose una participación del 74.34%.

¹¹ *Compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and natural gas industry/*
http://www.api.org/~media/files/ehs/climate-change/2009_ghg_compendium.ashx

Tabla 57. Composición molar del gas natural distribuido por Pluspetrol

Mes	Nitrógeno (N ₂)	Dióxido de carbono (CO ₂)	Metano (CH ₄)	Etano (C ₂ H ₆)	Propano (C ₃ H ₈)	n-Butano (C ₄ H ₁₀)	Iso-Butano (C ₄ H ₁₀)	n-Pentano (C ₅ H ₁₂)	iso-Pentano (C ₅ H ₁₂)	Hexano (C ₆ H ₁₄)	Heptano (C ₇ H ₁₆)	Octano (C ₈ H ₁₈)
Enero	1.0688	0.2534	89.2756	9.1653	0.1793	0.0259	0.0129	0.0093	0.0096	-	-	-
Febrero	1.0324	0.2509	89.5847	8.9936	0.1288	0.0046	0.0028	0.0012	0.0011	-	-	-
Marzo	1.1106	0.2489	89.3879	9.1326	0.1194	0.0002	0.0001	-	-	-	-	-
Abril	1.0533	0.2576	89.3266	9.2810	0.0815	-	-	-	-	-	-	-
Mayo	1.1163	0.2551	89.4510	9.0909	0.0864	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	-	-	-
Junio	1.0957	0.2546	89.4343	9.1203	0.0951	0.0001	0.0001	-	-	-	-	-
Julio	1.1261	0.2511	89.4240	9.1034	0.0952	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	1.1343	0.2422	89.4412	9.0861	0.0961	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	1.1646	0.2323	89.4579	9.0289	0.1159	0.0002	-	-	-	-	-	-
Octubre	1.1535	0.2299	89.5578	8.9625	0.0955	0.0005	-	-	-	-	-	-
Noviembre	1.1432	0.2369	89.4670	9.0587	0.0942	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	1.1527	0.2367	89.4290	9.0840	0.0976	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	1.11%	0.25%	89.44%	9.09%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pluspetrol

Tabla 58. Peso molecular del gas natural y participación en peso de carbono

Compuesto	N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	C ₇ H ₁₆	C ₈ H ₁₈	Gas natural
Peso molecular (g)	28	44	16.04	30	44	58	58	72	72	86	100	114	17.54
Porcentaje de carbono en peso del compuesto (%)	0%	27.3%	74.8%	80.0%	81.8%	82.8%	82.8%	83.3%	83.3%	83.7%	84.0%	84.2%	
Porcentaje de carbono en peso del gas natural (%)	0.00%	0.07%	66.91%	7.27%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	74.34%

Fuente: DGEE-MINEM

Una vez obtenidos estos datos se procede a estimar, siguiendo la ecuación presentada anteriormente, las emisiones de GEI generadas. Para este caso se trabajó con el volumen de gas natural consumido por el mercado eléctrico (4'675'916,764 m³) en el año 2016 obteniéndose como resultado 9'440,467 tCO₂e. Con estos 2 valores se obtiene una primera relación dividiendo las emisiones de GEI entre el volumen de gas natural obteniéndose 0.002019 tCO₂e/m³.

Para llevar esta relación a unidades energéticas es necesario obtener el poder calorífico inferior (PCI) del gas natural. Pluspetrol brindó datos mensuales del poder calorífico neto y se obtuvo el valor promedio de 35.97 MJ/m³.

Con estos 2 datos se obtiene finalmente el factor de emisión nacional basado en unidades energéticas, el valor estimado resulta en 56,126.26 kgCO₂/TJ. Este valor está dentro del rango establecido por el IPCC (54,300 – 58,300) y es superior en un 0.05% respecto al factor de emisión por defecto (56,100 kgCO₂/TJ).

Tabla 59. Análisis comparativo del factor de emisión nacional para gas natural con valores de IPCC

Combustible	Nacional	FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	Inferior (kgCO ₂ /TJ)	Superior (kgCO ₂ /TJ)
Gas Natural	56,126	56,100	54,300	58,300
Variación porcentual		0.05%	3.36%	-3.73%

Anexo 4: Metodología para estimar las emisiones de gases precursores de GEI

En el presente RAGEI se han estimado por primera vez las emisiones de los gases precursores del ozono, citados en el Volumen 1: Orientación general y generación de informes de las Directrices para la elaboración de inventarios del IPCC versión 2006. Estos gases son;

- Monóxido de Carbono (CO),
- Óxidos de nitrógeno (NOx),
- Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), y
- Dióxido de azufre (SO₂)

El método de cálculo seguido es el mismo que se sigue para las fuentes que emiten GEI por quema de combustibles, en el que se multiplica el nivel de actividad por su respectivo factor de emisión.

$$E_p = NA \times FE$$

Dónde:

- E_p: Emisión de gases precursores (CO, NO_x, COVDM o SO₂)
 NA: Nivel de actividad (cantidad de combustible quemado)
 FE: Factor de emisión (generada por cantidad asociada de combustible)

Los niveles de actividad son los mismos que se utilizaron para calcular las emisiones de GEI y los factores de emisión se obtuvieron de: "Guía técnica para la preparación de inventarios nacionales de emisiones - EMEP/EEA *air pollutant emission inventory guidebook*", versión 2016. Esta fuente es referenciada también en las Directrices del IPCC. Los factores de emisión utilizados según la fuente citada se presentan a continuación:

Tabla 60. Factores de emisión de la fuente Industrias de la energía (1A1)

Gas precursor	CO (g/GJ)	NOx (g/GJ)	COVDM (g/GJ)	SOX (g/GJ)
Carbón (antracita)	8.70	209.00	1.00	820.00
Gas natural	20.00	15.00	0.65	0.17
Gas de refinería	39.00	89.00	2.60	0.28
Petróleo Residual	15.10	142.00	2.30	495.00
Diesel	16.20	65.00	0.80	46.50
Biomasa	90.00	81.00	7.31	10.80

Tabla 61. Factores de emisión de la fuente Industrias de la manufactura y construcción (1A2)

Gas precursor	CO (g/GJ)	NOx (g/GJ)	COVDM (g/GJ)	SOX (g/GJ)
Carbón	931.00	173.00	88.80	900.00
Gas natural	29.00	74.00	23.00	0.67
Petróleo Residual	93.00	718.00	35.00	66.00
Gasolina de motor y Diesel	66.00	513.00	25.00	47.00
Gas Licuado de Petróleo - GLP	40.00	308.00	15.00	28.00
Carbón vegetal, leña y bagazo	570.00	91.00	300.00	11.00

Tabla 62. Factores de emisión de las fuentes: Comercial/Institucional (1.A.4.a) y Agricultura/Pesquería (1.A.4.c)

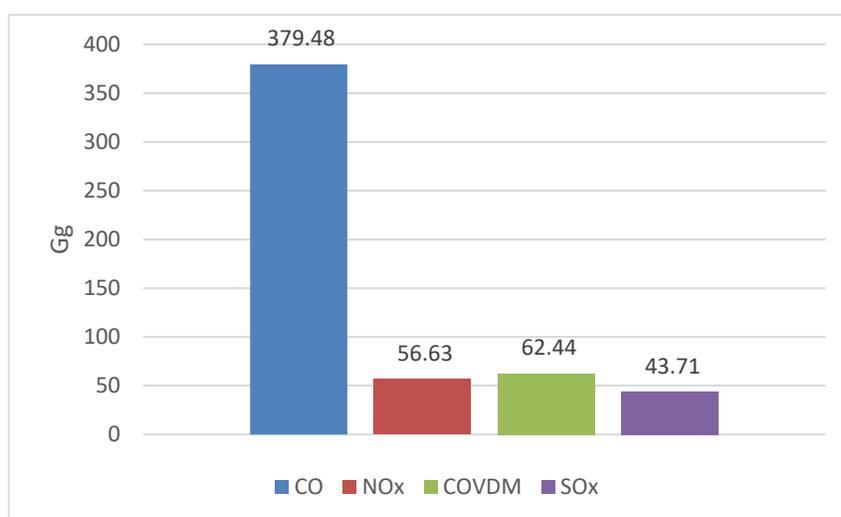
Gas precursor	CO (g/GJ)	NOx (g/GJ)	COVDM (g/GJ)	SOX (g/GJ)
Carbón	931.00	173.00	88.80	840.00
Gas natural	29.00	74.00	23.00	0.67
Petróleo Residual	200.00	1,319.00	70.00	140.00
Diesel	93.00	306.00	20.00	94.00
Gas Licuado de Petróleo	2.00	50.00	0.02	6.00
Biomasa	91.00	570.00	300.00	11.00

Tabla 63. Factores de emisión de la fuente Residencial (1A4b)

Gas precursor	CO (g/GJ)	NOx (g/GJ)	COVDM (g/GJ)	SOX (g/GJ)
Carbón	4,600.00	110.00	484.00	900.00
Gas natural	26.00	51.00	1.90	0.30
Petróleo Residual	80.00	72.00	1.00	97.00
Diesel	57.00	51.00	0.69	70.00
Gas Licuado de Petróleo	34.00	31.00	0.40	42.00
Biomasa	4,000.00	50.00	600.00	11.00

En base a estos factores de emisión se obtuvieron las emisiones de gases precursores para las fuentes estacionarias de la categoría energía, los resultados indican que el principal gas precursor emitido es el monóxido de carbono, teniéndose que para el año 2016 se emitieron 379 Gigagramos. El resto de los gases precursores se emitieron en menor cantidad, obteniéndose 57 Gigagramos para los óxidos de nitrógeno, 62 Gigagramos para los compuestos orgánicos volátiles distintos al metano y 44 Gigagramos para el dióxido de azufre.

Gráfico 42. Emisiones de gases precursores por fuentes estacionarias



Fuente: DGEE – MINEM

Las principales fuentes emisoras de gases precursores son el sector residencial y las industrias. En el primer caso debido al alto consumo de biomasa principalmente en el sector rural mientras que en el segundo caso por altos consumos de carbón y leña. Los resultados se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 64. Emisiones de gases precursores por fuentes estacionarias de la categoría energía

Fuente de emisión	Clasificación	CO (Gg)	NO _x (Gg)	COVDM (Gg)	SO ₂ (Gg)
Producción de electricidad y calor como actividad principal	1A1ai	4.23	5.85	0.19	9.52
Refinación de petróleo	1A1b	1.10	1.24	0.04	0.01
Otras industrias de la energía	1A1cii	0.68	1.33	0.03	2.86
Minería (con excepción de combustibles) y cantería	1A2i	2.73	3.76	0.38	2.53
Industria no especificada	1A2m	32.42	23.22	7.24	23.74
Transporte por tuberías	1A3ei	0.00	0.01	0.00	0.01
Comercial/Institucional	1A4a	2.02	6.77	0.43	2.03
Residencial	1A4b	334.65	5.45	50.02	2.44
Agricultura	1A4c	1.64	9.01	4.11	0.57
Total		379.48	56.63	62.44	43.71