

RAGEI 2016

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
DEL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE
PRODUCTOS 2016

CATEGORÍAS:

INDUSTRIA DE LOS MINERALES,
INDUSTRIA QUÍMICA E
INDUSTRIA DE LOS METALES

**Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector
Procesos Industriales y Uso de Productos año 2016
Categorías: Industria de los minerales, Industria química e Industria de los metales**

Preparado por:

Ministerio de la Producción
Viceministerio de MYPE e Industria
Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria

Lima, 2020

CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	14
RESUMEN EJECUTIVO	15
1. INTRODUCCIÓN	20
2. SITUACIÓN DEL SECTOR.....	22
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI	25
3.1 Organización para la elaboración del RAGEI	25
3.2 Procedimientos y arreglos para recolectar y archivar la información	27
3.3 Control de la calidad y garantía de la calidad	27
4. METODOLOGÍA APLICADA.....	29
4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI.....	29
4.2 Metodología del análisis de incertidumbre	30
4.3 Metodología para garantizar la coherencia de serie temporal	30
5. RESULTADO SECTORIAL	34
5.1 Análisis de resultados	34
5.2 Análisis de incertidumbre	40
5.3 Actualización de la serie temporal	43
5.4 Control de calidad y garantía de calidad	52
6. RESULTADOS POR CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS.....	65
6.1 Categoría 2A: Industria de los minerales.....	65
6.1.1 Subcategoría 2A1: Producción de cemento	65
6.1.1.1 Método de cálculo	65
6.1.1.2 Datos de actividad	67
6.1.1.3 Factores de emisión y conversión.....	68
6.1.1.4 Análisis de resultados de la subcategoría	70
6.1.1.5 Análisis de incertidumbre	71
6.1.1.6 Actualización de la serie temporal.....	73
6.1.1.7 Control de calidad y Garantía de calidad	75
6.1.1.8 Sigüientes pasos.....	76
6.1.2 Subcategoría 2A2: Producción de cal	76
6.1.2.1 Método de cálculo	76
6.1.2.2 Datos de actividad	78
6.1.2.3 Factores de emisión y conversión.....	79
6.1.2.4 Análisis de resultados	80
6.1.2.5 Análisis de incertidumbre	81

6.1.2.6	Actualización de la serie temporal.....	83
6.1.2.7	Control de calidad y garantía de la calidad.....	85
6.1.2.8	Siguientes pasos.....	86
6.1.3	Subcategoría 2A3: Producción de vidrio.....	86
6.1.3.1	Método de cálculo.....	86
6.1.3.2	Datos de actividad.....	88
6.1.3.3	Factores de emisión y conversión.....	89
6.1.3.4	Análisis de resultados.....	90
6.1.3.5	Análisis de incertidumbre.....	92
6.1.3.6	Análisis de la serie temporal.....	93
6.1.3.7	Control de calidad y garantía de la calidad.....	96
6.1.3.8	Siguientes pasos.....	97
6.1.4	Subcategoría 2A4a: Cerámicas.....	98
6.1.4.1	Método de cálculo.....	98
6.1.4.2	Datos de actividad.....	100
6.1.4.3	Factores de emisión y conversión.....	102
6.1.4.4	Análisis de resultados.....	104
6.1.4.5	Análisis de incertidumbre.....	105
6.1.4.6	Actualización de la serie temporal.....	107
6.1.4.7	Control de calidad y garantía de la calidad.....	110
6.1.4.8	Siguientes pasos.....	111
6.1.5	Subcategoría 2A4b: Otros usos de ceniza de sosa (carbonato de sodio).....	112
6.1.5.1	Método de cálculo.....	112
6.1.5.2	Datos de actividad.....	114
6.1.5.3	Factores de emisión y conversión.....	115
6.1.5.4	Análisis de resultados.....	116
6.1.5.5	Análisis de incertidumbre.....	117
6.1.5.6	Análisis de la serie temporal.....	118
6.1.5.7	Control de calidad y garantía de la calidad.....	122
6.1.5.8	Siguientes pasos.....	123
6.2	Categoría 2B: Industria química.....	123
6.2.1	Subcategoría 2B1: Producción de amoníaco.....	123
6.2.2	Subcategoría 2B2: Producción de ácido nítrico.....	124
6.2.2.1	Método de cálculo.....	124
6.2.2.2	Datos de actividad.....	126
6.2.2.3	Factores de emisión y conversión.....	126
6.2.2.4	Análisis de resultados.....	127

6.2.2.5	Análisis de incertidumbre	128
6.2.2.6	Actualización de la serie temporal	130
6.2.2.7	Control de calidad y garantía de la calidad	132
6.2.2.8	Siguientes pasos.....	133
6.2.3	Subcategoría 2B7: Producción de ceniza de sosa (carbonato de sodio)	133
6.2.3.1	Método de cálculo	133
6.2.3.2	Datos de actividad	135
6.2.3.3	Factores de emisión y de conversión.....	136
6.2.3.4	Análisis de resultados	136
6.2.3.5	Análisis de incertidumbre	137
6.2.3.6	Actualización de la serie temporal.....	138
6.2.3.7	Control de calidad y garantía de la calidad	140
6.2.3.7.1	Control de calidad	140
6.2.3.8	Siguientes pasos.....	141
6.3	Categoría 2C: Industria de los metales	141
6.3.1	Subcategoría 2C1: Producción de Hierro y Acero.....	141
6.3.1.1	Método de cálculo	141
	Nivel metodológico para las emisiones de CO ₂	141
	Nivel metodológico para las emisiones de CH ₄	143
6.3.1.2	Datos de actividad	145
	Nivel de actividad para las emisiones de CO ₂	145
	Nivel de actividad para las emisiones de CH ₄	147
6.3.1.3	Factores de emisión y conversión.....	148
	Factores para las emisiones de CO ₂	148
	Factores para las emisiones de CH ₄	148
6.3.1.4	Análisis de resultados	149
6.3.1.5	Análisis de incertidumbre	150
6.3.1.6	Actualización de la serie temporal.....	152
6.3.1.7	Control de calidad y garantía de la calidad	160
6.3.1.8	Siguientes pasos.....	161
6.3.2	Subcategoría 2C3: Producción de Aluminio	162
6.3.3	Subcategoría 2C5: Producción de Plomo.....	162
6.3.3.1	Método de cálculo	162
6.3.3.2	Descripción del nivel de actividad.....	164
6.3.3.3	Factores de emisión y conversión.....	165

6.3.3.4	Análisis de resultados	165
6.3.3.5	Análisis de incertidumbre	167
6.3.3.6	Actualización de la serie temporal.....	167
6.3.3.7	Control de calidad y garantía de la calidad	169
6.3.3.8	Siguientes pasos.....	170
6.3.4	Subcategoría 2C6: Producción de Zinc	171
6.3.4.1	Método de cálculo	171
6.3.4.2	Datos de actividad	173
6.3.4.3	Factores de emisión y conversión.....	174
6.3.4.4	Análisis de resultados	174
6.3.4.5	Análisis de incertidumbre	176
6.3.4.6	Actualización de la serie temporal.....	177
6.3.4.7	Control de calidad y garantía de la calidad	180
6.3.4.8	Siguientes pasos.....	181
7.	BIBLIOGRAFÍA	182
8.	ANEXOS.....	183
	Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI	183
	Anexo 2: Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI.	184

Lista de tablas

Tabla 1. Emisiones de GEI del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016.....	18
Tabla 2. Rol de las entidades involucradas en la elaboración del RAGEI.....	25
Tabla 3. Categoría y fuentes de emisiones del sector PIUP evaluadas y las emisiones estimadas.....	29
Tabla 4. Resumen del uso de datos reales y calculados en la estimación de las emisiones de la serie temporal.....	32
Tabla 5. Cuadro resumen por subcategorías – Emisiones de GEI, 2016 – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos.....	35
Tabla 6. Cuadro resumen por categorías – Emisiones de GEI, 2016 - Sector Procesos Industriales y Uso de Productos.....	38
Tabla 7. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI de PIUP.....	41
Tabla 8. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI de PIUP por categorías.....	42
Tabla 9. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2016.....	43
Tabla 10. Estatus de la implementación de las acciones de mejora planificadas para los RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial.....	45
Tabla 11. Serie temporal de emisiones originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 .50	
Tabla 12. Procedimientos generales de control de calidad.....	52
Tabla 13. Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2016.....	55
Tabla 14. Acciones de mejora planificadas de control de calidad para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial.....	57
Tabla 15. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad del sector PIUP.....	62
Tabla 16. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Cemento.....	66
Tabla 17. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Cemento.....	68
Tabla 18. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Cemento.....	69
Tabla 19. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Cemento.....	71
Tabla 20. Hipótesis y valor de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Cemento.....	72
Tabla 21. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Cemento.....	72
Tabla 22. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Cemento.....	73
Tabla 23. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Cemento.....	75
Tabla 24. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Cal.....	77
Tabla 25. Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Cal.....	79
Tabla 26. Factores de emisión y conversión utilizados - Subcategoría Producción de Cal.....	79
Tabla 27. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Cal.....	82
Tabla 28. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Cal.....	82
Tabla 29. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Cal.....	83
Tabla 30. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Cal.....	83
Tabla 31. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Cal.....	85

Tabla 32. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Vidrio .	87
Tabla 33. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio.....	88
Tabla 34. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Vidrio	90
Tabla 35. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Vidrio.....	92
Tabla 36. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Vidrio.....	92
Tabla 37. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Vidrio	93
Tabla 38. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Vidrio.....	94
Tabla 39. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Vidrio	97
Tabla 40. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	99
Tabla 41. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	100
Tabla 42. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	103
Tabla 43. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	105
Tabla 44. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas.....	106
Tabla 45. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas.....	106
Tabla 46. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	107
Tabla 47. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas	111
Tabla 48. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa.....	113
Tabla 49. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa.....	114
Tabla 50. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa.....	115
Tabla 51. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión – Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa	117
Tabla 52. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa	118
Tabla 53. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa.....	118
Tabla 54. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa	119
Tabla 55. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa.....	122
Tabla 56. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de N ₂ O - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico	125
Tabla 57. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico	126

Tabla 58. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico	127
Tabla 59. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico.....	128
Tabla 60. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico.....	129
Tabla 61. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico.....	129
Tabla 62. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico.....	130
Tabla 63. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico	132
Tabla 64. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa	135
Tabla 65. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa	135
Tabla 66. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa	136
Tabla 67. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa.....	137
Tabla 68. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa.....	137
Tabla 69. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa.....	138
Tabla 70. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Producción de Ceniza de Sosa.....	139
Tabla 71. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero.....	142
Tabla 72. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CH ₄ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero.....	144
Tabla 73. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación para CO ₂ del año 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	146
Tabla 74. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación para CH ₄ del año 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	147
Tabla 75. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados (para CO ₂) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	148
Tabla 76. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados (para CH ₄) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	148
Tabla 77. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	150
Tabla 78. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	151
Tabla 79. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Hierro y Acero.....	151
Tabla 80. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal (emisiones de CO ₂) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	152
Tabla 81. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal (emisiones de CH ₄) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero	159
Tabla 82. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Hierro y Acero.....	160
Tabla 83. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO ₂ - Subcategoría Producción de Plomo	163

<i>Tabla 84. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Plomo.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 85. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Plomo.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 86. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Plomo.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 87. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Plomo.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 88. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Zinc... </i>	<i>172</i>
<i>Tabla 89. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 90. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 91. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 92. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 93. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 94. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 95. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Zinc.....</i>	<i>180</i>

Lista de figuras

<i>Figura 1. Participación porcentual de las emisiones en Gg CO₂eq de las categorías del sector PIUP, 2016</i>	16
<i>Figura 2. Evolución del PBI Manufacturero (variación porcentual)</i>	24
<i>Figura 3. Comportamiento PBI de los sectores económicos relevantes al sector PIUP</i>	24
<i>Figura 4. Emisiones en Gg CO₂eq de las categorías del sector PIUP, 2016</i>	37
<i>Figura 5. Participación porcentual de las emisiones en Gg CO₂eq de las categorías del sector PIUP, 2016</i>	37
<i>Figura 6. Evolución de las emisiones del sector PIUP en Gg CO₂eq</i>	51
<i>Figura 7. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Cemento</i>	66
<i>Figura 8. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cemento</i>	70
<i>Figura 9. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cemento</i>	71
<i>Figura 10. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Cal</i>	77
<i>Figura 11. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cal</i>	80
<i>Figura 12. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cal</i>	81
<i>Figura 13. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Vidrio</i>	86
<i>Figura 14. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio</i>	91
<i>Figura 15. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio</i>	91
<i>Figura 16. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas</i>	98
<i>Figura 17. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas</i>	104
<i>Figura 18. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas</i>	105
<i>Figura 19. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa</i>	112
<i>Figura 20. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa</i>	116
<i>Figura 21. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa</i>	117
<i>Figura 22. Árbol de decisión para estimar las emisiones de N₂O - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico</i>	125
<i>Figura 23. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico</i>	127
<i>Figura 24. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico</i>	128
<i>Figura 25. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa</i>	134
<i>Figura 26. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa</i>	136
<i>Figura 27. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa</i>	137

<i>Figura 28. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero</i>	142
<i>Figura 29. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero</i>	144
<i>Figura 30. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero</i>	149
<i>Figura 31. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero</i>	150
<i>Figura 32. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Plomo</i>	163
<i>Figura 33. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Plomo</i>	166
<i>Figura 34. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Plomo</i>	166
<i>Figura 35. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Zinc</i>	172
<i>Figura 36. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Zinc</i>	175
<i>Figura 37. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Zinc</i>	175

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
DGAAMI	Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria
DIGAMI	Dirección de Gestión Ambiental
EI	Efluentes Industriales
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MYPE	Micro y pequeña empresa
OGEIEE	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos
PBI	Producto Bruto Interno
PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos
PRODUCE	Ministerio de la Producción
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria

RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) del año 2016 describe el proceso de estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del año 2016 y la actualización de la serie temporal 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000 para las categorías y subcategorías incluidas en el alcance del presente RAGEI 2016.

Dichas estimación y actualización fueron realizadas aplicando la metodología de las Directrices del IPCC del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Asimismo, se emplearon los valores de Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación.

El sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) aborda las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por los procesos industriales, el uso de GEI en algunos tipos de productos y por el uso no energético del carbono contenido en combustibles fósiles. El IPCC lo define como: Emisiones de productos industriales y uso de productos, excluyendo los vinculados a la combustión de energía, extracción, procesamiento y transporte de combustibles y transporte, inyección y almacenamiento de CO₂.

El presente reporte tiene como alcance la evaluación de tres categorías de industrias: i) Categoría 2A Industria de los minerales (emisiones de CO₂ por el uso de materias primas carbonatadas y una variedad de productos minerales industriales); ii) Categoría 2B Industria química (emisiones de GEI generadas por la producción de productos químicos orgánicos e inorgánicos) y iii) Categoría 2C Industria de los metales (emisiones de GEI generadas por la producción de metales). A su vez, las subcategorías evaluadas fueron las siguientes:

- Industria de los Minerales se evaluaron las emisiones de dióxido de carbono de la producción de cemento, de la producción de cal, de la producción de vidrio y del consumo de carbonatos.
- Industria Química se evaluaron las emisiones de dióxido de carbono de la producción de amoníaco y de la producción de carbonato de sodio (ceniza de sosa) y las emisiones de óxido nitroso de la producción de ácido nítrico.
- Industria de los Metales se evaluaron las emisiones de dióxido de carbono de la producción de hierro y acero, de la producción de aluminio, de la producción de zinc y de la producción de plomo y las emisiones de metano de la producción de hierro y acero.

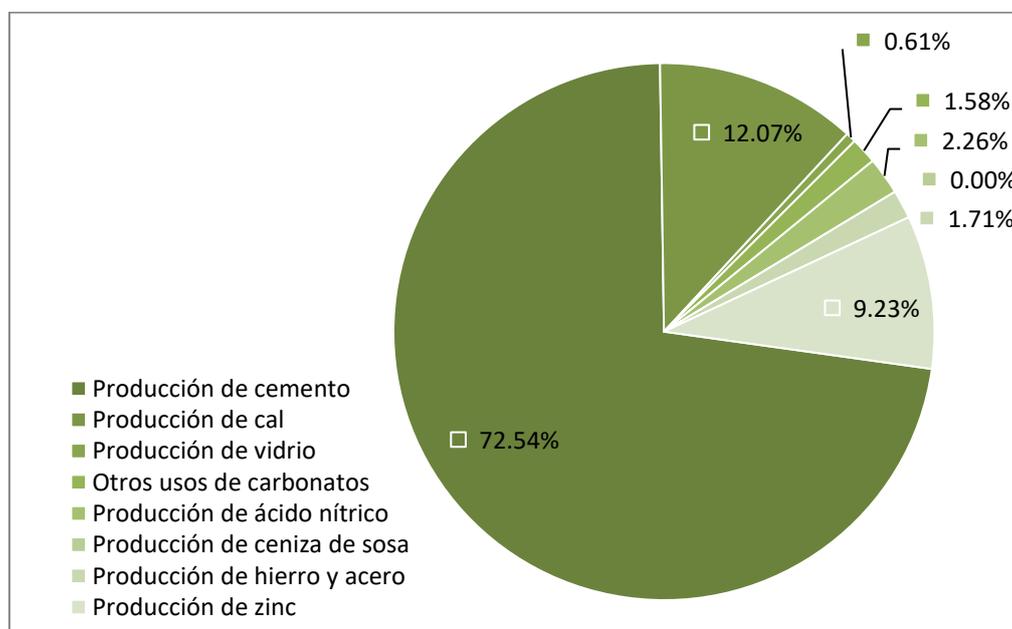
Respecto al Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del año 2014 (RAGEI 2014), el presente inventario ha incluido mejoras derivadas de la revisión de las planillas de cálculo, las cuales están referidas a la corrección del factor de emisión para la 2B7 Producción de ceniza de sosa, la corrección de la fórmula correspondiente a la Sensibilidad tipo A para el cálculo de la incertidumbre y el replanteamiento de algunas hipótesis relacionadas al cálculo de la incertidumbres de los factores de emisión para 2B2 Producción de la cal y 2C3 producción de aluminio, así como para el dato de actividad para la 2B2 Producción de cal. Además, se emplearon nuevas fuentes de información para los datos de actividad de las subcategorías 2C3 producción de aluminio y 2B1 producción de amoníaco, mediante las cuales se identificó que las

emisiones referidas a dichas actividades no ocurren en el país. A partir de ello se actualizaron los datos de actividad para toda la serie temporal. Asimismo, este reporte incluye la actualización de estimaciones para la 2A1 Producción de cemento en los años 2010, 2012 y 2014; así como para la 2C1 producción de hierro y acero para los años 2012 y 2014.

En lo referente al alcance del presente RAGEI, se mantuvo el alcance establecido en el RAGEI 2014, debido a que se decidió priorizar el fortalecimiento de capacidades por parte del PRODUCE en lo relacionado al levantamiento y procesamiento de la información, el manejo planillas de cálculo de emisiones y de cálculo de la incertidumbre, así como la redacción del reporte.

El método de cálculo utilizado principalmente corresponde al nivel 1, que es el menos exigente. Este nivel se aplica para todas las subcategorías, excepto para producción de cemento que aplica el método de cálculo de nivel 2. Las estimaciones utilizaron información de estadísticas nacionales, información provista por las empresas manufactureras y valores por defecto de factores de conversión y de emisión propuestos en las Directrices del IPPC de 2006. El resultado de la estimación de las emisiones del Sector Procesos Industriales y Uso de Productos para el año 2016 es igual a 5,822.37 Gg CO₂ eq. En general, las emisiones del sector en promedio han mantenido una tendencia creciente, con un incremento entre los años 2000 y 2016 de 118.37 %. Sin embargo, entre los años 2014 y 2016 se produjo una ligera disminución de 2.81 %. La industria con mayor contribución en las emisiones es la industria del cemento que participa con 66.67 % en el año 2000, y con 72.54 % en el 2016. La Figura 1 describe la participación porcentual de cada subcategoría y la Tabla 1 resume los resultados para todas las fuentes de emisión y para la serie de tiempo completa.

Figura 1. Participación porcentual de las emisiones en Gg CO₂ eq de las categorías del sector PIUP, 2016



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Tabla 1. Emisiones de GEI del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016

ESTIMACIÓN DE LA SERIE DE TIEMPO							
Código de sector y categorías de fuentes (GL 2006)	Categorías de fuentes	2016	2014	2012	2010	2005	2000
		Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]					
2	Procesos Industriales y uso de productos	5,822.37	5,990.83	5,025.39	4,470.76	3,357.73	2,666.25
2A	Industria de los minerales	5,054.11	5,117.19	4,174.36	3,723.71	2,597.51	1,864.06
	2A1 Producción de Cemento	4,223.75	4,590.80	3,731.34	3,339.80	2,375.59	1,777.66
	2A2 Producción de Cal	702.85	392.26	319.64	270.44	147.44	24.43
	2A3 Producción de Vidrio	35.24	33.32	34.81	34.45	34.78	34.39
	2A4 Otros usos de Carbonatos	92.28	100.82	88.57	79.01	39.70	27.57
	2A4a Cerámicas (ladrillos)	72.77	80.75	69.30	65.39	39.70	27.57
	2A4b Otros usos de la Ceniza de Sosa (Carbonato de Sodio)	19.51	20.07	19.27	13.62	0.00	0.00
2B	Industria química	131.47	141.95	142.72	178.76	218.87	264.88
	2B2 Producción de Ácido Nítrico	131.41	141.84	142.61	178.67	218.82	264.85
	2B7 Producción de Ceniza de Sosa (Carbonato de Sodio)	0.06	0.11	0.11	0.09	0.05	0.03
2C	Industria de los metales	636.79	731.69	708.31	568.29	541.36	537.31
	2C1 Producción de Hierro y Acero	99.56	152.99	150.73	184.53	196.48	253.85
	2C5 Producción de Plomo	0.00	0.00	0.00	0.00	63.48	62.44
	2C6 Producción de Zinc	537.22	578.70	557.58	383.75	281.40	221.02

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

El análisis de incertidumbre del Sector Procesos Industriales y Uso de Productos se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesta en las OBP2000. Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada como porcentaje del total de emisiones sectoriales en el año 2016 es igual a $\pm 42.65 \%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones es igual a $\pm 2.91 \%$.

En función a la disponibilidad de recursos y a la priorización de esfuerzos las estimaciones realizadas no abarcaron el total de las actividades (fuentes de emisión) categorizadas por el IPCC para el sector PIUP. Sin embargo, aquellas consideradas son de las cuales se tienen mayor conocimiento e información y, por lo tanto, se considera que el RAGEI cuenta con un nivel de representatividad de las emisiones del sector aceptable. Se espera, en los próximos RAGEI, incluir progresivamente subcategorías que no han sido incluidas a la fecha, así como seguir mejorando progresivamente la exhaustividad del inventario, que por la cantidad y la heterogeneidad de los procesos que incluye PIUP representa un gran reto.

1. INTRODUCCIÓN

El Perú como país parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el 19 de diciembre del 2014 promulgó el Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM, mediante el cual se aprobaron las Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (Infocarbono) cuya finalidad es establecer un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contribuirá a la formulación de políticas, estrategias y planes de desarrollo que reduzcan las emisiones de GEI y al cumplimiento de los compromisos asumidos por el país con la suscripción de la CMNUCC.

En tal sentido, mediante la Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM se establece que el Ministerio de la Producción (PRODUCE) es la entidad competente encargada de la elaboración del *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos - Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los metales* (RAGEI PIUP) y del *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categoría: efluentes Industriales* (RAGEI EI). Los Reportes Anuales de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) se deberán elaborar periódicamente para formar parte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) que se presenta como país ante la CMNUCC. Por su parte, el Ministerio de la Producción (PRODUCE) como ente reportante de las emisiones de GEI del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) ha ejecutado de manera autónoma las actividades involucradas la elaboración del RAGEI PIUP del año 2016 (RAGEI PIUP 2016), lo cual es producto de un proceso de fortalecimiento de capacidades, del cual fue parte importante la experiencia ganada durante la elaboración del RAGEI PIUP 2014.

El RAGEI PIUP 2016 tiene como objetivo reportar las emisiones generadas durante el año 2016 en el país por parte de las diferentes actividades industriales comprendidas en el Sector Procesos Industriales y Uso de Productos, como son las industrias productoras de cemento, vidrio, cal, y carbonatos; así como las productoras de hierro, acero y metales no ferrosos, entre ellos, aluminio, plomo y zinc, y las industrias químicas del nitrógeno y carburos. Este reporte ha sido elaborado por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria de PRODUCE (DGAAMI). El presente documento es el informe final del RAGEI PIUP 2016 y formará parte del INGEI del año 2016 que se presentará ante la CMNUCC.

Las estimaciones fueron realizadas siguiendo las metodologías recomendadas por el IPCC en las “Directrices IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (GL2006)). Asimismo, se emplearon los valores de Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación.

El RAGEI PIUP 2016 está conformado por varios documentos que describen y justifican el proceso y las decisiones tomadas, y presentan los resultados obtenidos. Estos documentos incluyen: el presente documento de reporte, las planillas de cálculo para las estimaciones de los años 2016, 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000, y el archivo de fuentes de información que sistematiza los medios de verificación.

La elaboración del RAGEI 2016 ha brindado la oportunidad de reforzar el proceso de creación y fortalecimiento de capacidades en los profesionales del PRODUCE para el desarrollo del

inventario de emisiones. Asimismo, este reporte es de utilidad para identificar las mayores fuentes de emisión de GEI, comprendidas en el alcance del presente RAGEI, lo cual a su vez permite identificar las actividades industriales sobre las que iniciativas de reducción de GEI pudieran tener mayor impacto en términos de reducción.

2. SITUACIÓN DEL SECTOR

Según el “Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2016” (PRODUCE, 2017), la actividad manufacturera corresponde a uno de los principales sectores con mayor participación en el PBI Nacional con un 13% incluso a pesar de que para el año 2016 el PBI de dicha actividad presentó una disminución de -1.5% en relación al año 2015.

La disminución en el año 2016, se debe principalmente a la menor actividad productiva del subsector no primario (-1.9%) y del subsector primario (-0.8%). Cabe indicar que en la última década el PBI manufacturero registró una tasa promedio de + 3.2 %, sin embargo, en el primer quinquenio presenta un crecimiento mayor que el segundo, lo cual se explica debido a la desaceleración de la demanda interna, específicamente por la disminución de la inversión privada y el consumo público.

Asimismo, PRODUCE (2017) describe el desempeño de los siguientes sectores manufactureros, en función a sus exportaciones, entre los cuales se encuentran actividades industriales comprendidas en el RAGEI PIUP 2016 y son descritos a continuación:

- **Siderometalúrgico¹** (hierro y acero): *Las exportaciones de este sector totalizaron en US\$ 990 millones en el 2016, valor que representa una ligera disminución de 0.3% en relación al año anterior. Este resultado se explica por la disminución de la venta en países como Colombia (-8.6%), Bolivia (-1.9%) y Bélgica (-20.6%), los cuales representan tres de los cinco principales mercados de exportación del sector. A pesar de ello, se debe destacar el incremento de las exportaciones de zinc sin alear (27.4%), la plata bruta aleada (27.9%) y las barras de hierro y acero (4.2%).*
- **Metalmecánica²**: *Las exportaciones de este sector ascendieron a US\$ 457 millones, valor que representó una disminución en 14.6% en relación al año 2015. Esto se explica principalmente por la menor demanda de Estados Unidos (-32.4%), en particular por las menores ventas de las demás partes de máquinas grúas, aplanadoras y de perforación; de México (-36.9%), por la concentración del valor exportado de máquinas de sondeo o de perforación autopropulsada; y de Venezuela (-76.8%) por la reducción de los envíos de las partes de las máquinas de sondeo o perforación, las máquinas y los grupos electrógenos petroleros.*
- **Químico³**: *En este sector se exportaron US\$ 1,341 millones en el año 2016, valor menor en 3.7% respecto al año 2015. Esto responde a la disminución de ventas en los*

¹ El sector manufacturero Siderometalúrgico se relaciona con las actividades industriales correspondientes a la categoría de fuentes de emisión referidas a “2C Industria de los metales” la cual comprende a la subcategoría 2C1 fabricación de hierro y acero, la cual se encuentra incluida en el alcance del presente RAGEI.

² El sector manufacturero Metalmecánico se relaciona con las actividades industriales correspondientes a la categoría de fuentes de emisión referidas a “2C Industria de los metales” la cual comprende a las subcategorías 2C1 producción de hierro y acero, 2C3 aluminio y 2C6 zinc, ya que dicho sector manufacturero utiliza a dichos metales en sus procesos productivos.

³ El sector manufacturero Químico se relaciona con actividades industriales correspondientes a la categoría de fuentes de emisión referida a “2B Industria Química”, la cual incluye a las subcategorías 2B1 Producción de amoníaco, 2B2 Ácido Nítrico y 2B7 Ceniza

principales mercados de exportación como Chile (-22.3%), Bolivia (-7.5%), Ecuador (-2.9%) y Colombia (-21.3%). Sin embargo, las ventas en Estados Unidos aumentaron en 10.1%. Entre los productos que redujeron sus ventas en dicho año tenemos: las demás placas y láminas de plástico (-15.2%), y las demás placas de polímeros de etileno (-11.4%).

Por otro lado, se tiene que los principales factores que afectan el desempeño de la producción manufacturera están relacionados con el comportamiento del sector externo, el comportamiento del sector interno y el comportamiento del sector construcción.

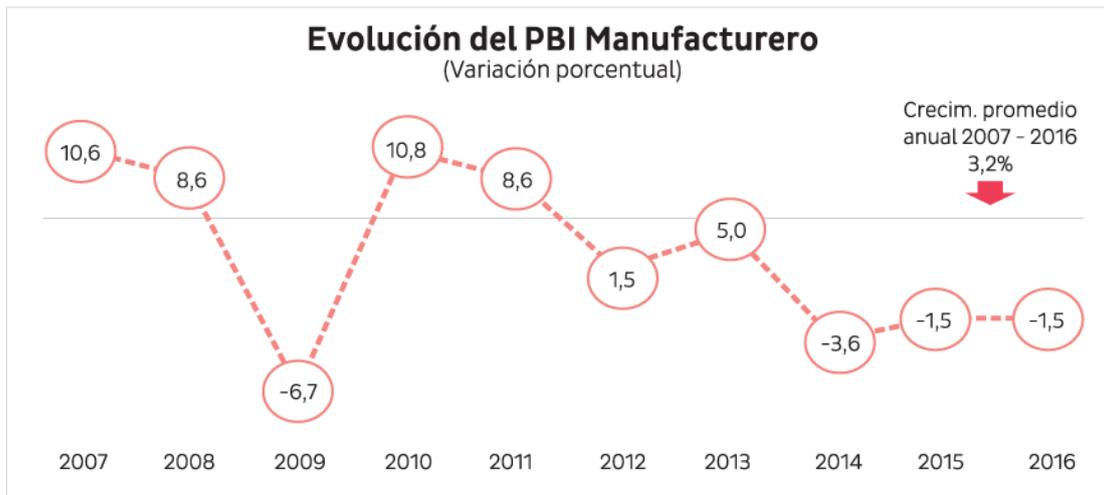
En relación al sector externo, el desempeño de la producción manufacturera se vio afectado por la expansión moderada de la economía global y la menor inversión privada que se registró en el país, lo cual se vio reflejado en una menor producción de las ramas vinculadas al mercado internacional como prendas de vestir, fabricación de joyas y artículos conexos aserrado y acepilladura de madera, entre otros. Sin embargo, también se dieron variaciones positivas en los casos de la producción de otros productos de madera, partes y piezas de carpintería y la fabricación de conservas, frutas y legumbres (PRODUCE, 2017).

En el año 2016, el comportamiento del sector económico construcción afectó el desempeño manufacturero de las actividades vinculadas a dicho sector. El PBI de este sector disminuyó en 3.1% en relación al 2015, lo cual se debió principalmente al retraso en la ejecución de proyectos de infraestructura pública tanto a nivel local como regional. Esto, guarda relación directa con el despacho nacional de cemento a nivel nacional, el cual registró una caída de 2.8%. De igual forma, el ligero avance en la inversión pública (0.6%), generó un menor gasto a nivel de gobiernos regionales y locales, lo que trajo como consecuencia una menor demanda de productos como estructuras metálicas, tanques y depósitos, y pinturas y barnices. De otro lado, se registró un aumento en la demanda de muebles y maquinaria para la explotación minera. Además de las actividades ya mencionadas, otras actividades no primarias orientadas al sector construcción son: cal y yeso; productos de plástico; materiales de construcción; artículos de hormigón y cemento.

Por su parte, en el sector interno presentó resultados variables para el año 2016. Se tuvo que el menor consumo interno afectó a actividades como la panadería y bebidas malteadas y de malta cuya producción disminuyó. Mientras que, para el caso de impresiones, productos de molinería, productos farmacéuticos y medicinales, y bebidas gaseosas y aguas la variación fue positiva (PRODUCE, 2017).

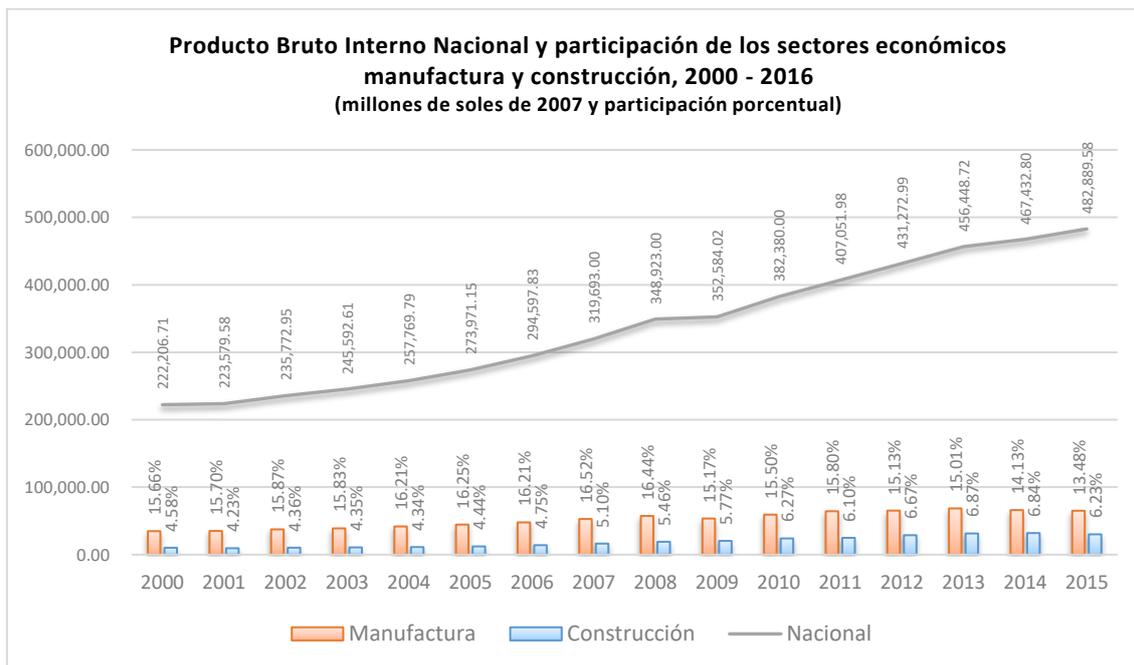
de Sosa, actividades productivas que representan fuentes de emisión de GEI y que se encuentran dentro del alcance del presente RAGEI.

Figura 2. Evolución del PBI Manufacturero (variación porcentual)



Fuente: Anuario Estadístico Industrial, Industrial, MYPE y Comercio Interno 2016 (PRODUCE, 2017)

Figura 3. Comportamiento PBI de los sectores económicos relevantes al sector PIUP



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a BCR (2017)

3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1 Organización para la elaboración del RAGEI

La elaboración del RAGEI se realizó bajo la coordinación de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAAMI) del Ministerio de la Producción, específicamente desde la Dirección de Gestión Ambiental, que designó a un coordinador RAGEI y contrató los servicios de un especialista para el cálculo de las emisiones y el desarrollo del reporte. En tal sentido, todas las comunicaciones realizadas para la solicitud de información tanto a la Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE), así como a la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (SUNAT)⁴, a la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y a las empresas identificadas como principales productoras de vidrio, de cemento, de amoníaco y, de hierro y acero, y también correos electrónicos, fueron enviados desde la DGAAMI.

El alcance del presente RAGEI se mantuvo según lo establecido en el RAGEI 2014, ya que para el RAGEI 2016 los esfuerzos se priorizaron en fortalecer las capacidades para el levantamiento de información y el uso de planillas de cálculo preparadas durante la elaboración del RAGEI 2014. Además, se realizó una revisión de dichas planillas, los procedimientos, métodos y fuentes de información empleadas en el RAGEI 2014, a partir de lo cual se realizaron las correcciones y actualizaciones.

Además de la DGAAMI, la elaboración del RAGEI PIUP requirió de la participación de diversas direcciones al interior del PRODUCE, así como otras entidades. En la Tabla 2, se resumen los roles de las principales entidades involucradas en la elaboración del RAGEI PIUP 2016.

Tabla 2. Rol de las entidades involucradas en la elaboración del RAGEI

Entidad	Rol en la elaboración de RAGEI
Ministerio de la Producción	Dirección de Gestión Ambiental (DIGAMI) de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI) <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de la coordinación para la elaboración del RAGEI PIUP. • Responsable de la preparación del RAGEI (conformado por un informe, una planilla de cálculo y documentación de sustento). • Responsable de la recopilación y administración de la información necesaria para las estimaciones del RAGEI, tanto de informantes dentro del Ministerio de la Producción como de otras entidades públicas y/o privadas.
	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de proveer la información nacional sobre la actividad del sector industrial.
Ministerio de Energía y Minas	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de proveer información nacional sobre la actividad del sector minero específicamente sobre producción minero metálica de principales productos en etapas de fundición, refinamiento y peletizado, así como información sobre extracción de rocas minerales que proveen carbonatos a los procesos industriales.

⁴ Se envió un oficio a la Intendencia Nacional de Insumos y Bienes Químicos Fiscalizados.

Entidad	Rol en la elaboración de RAGEI
Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria	<ul style="list-style-type: none"> Responsable de proveer información nacional sobre importaciones y exportaciones de productos como cal, carbonato de sodio, y ácido nítrico (Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística) Responsable de proveer información de producción nacional sobre insumos químicos y bienes fiscalizados tales como cal, carbonato de sodio, y ácido nítrico (Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados).
Empresas	<ul style="list-style-type: none"> Responsables de proveer información sobre sus actividades pertinentes al sector PIUP (variables relacionadas a su producción y consumo de materias primas).

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para que la elaboración del RAGEI se convierta en un proceso continuo e institucionalizado es importante identificar mecanismos para fomentar y fortalecer el compromiso por parte de las empresas reportantes, así como establecer el flujo de información que facilite la elaboración periódica de los reportes. La elaboración del presente RAGEI bajo la coordinación de la DGAAMI, representa un primer paso en el fortalecimiento de capacidades sobre el levantamiento de información y la aplicación de las metodologías de estimación tanto en la DGAAMI como instancia coordinadora del RAGEI, como en las áreas que administran los sistemas de información y las estadísticas sectoriales. En la medida que se avance en el fortalecimiento de capacidades se continuará con la implementación de las mejoras propuestas en la Tabla 10 (Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial) del presente informe.

Tal como se afirmó en el RAGEI 2014, a futuro, se debería establecer un marco de transferencia de información que no esté sujeto a la voluntad de reporte de las empresas. Asimismo, profundizar en el conocimiento de cada subcategoría del sector PIUP para proponer modelos conceptuales acordes con la realidad nacional que permitan identificar el nivel de actividad y los vacíos de información con mayor exhaustividad.

En resumen, se identifican las siguientes necesidades:

- Fomentar el compromiso con las empresas para el reporte periódico de la información de sus plantas en el marco del RAGEI.
- Fortalecer los mecanismos para el reporte y procesamiento de la información de tal modo que se facilite la actualización periódica de los inventarios y se implementen mejoras al profundizar
- Profundizar el conocimiento sobre los procesos industriales más complejos, con el fin de establecer un modelo acorde a la realidad del país que considere las diferentes opciones tecnológicas de la industria.
- Sobre los productos de la industria química, abordar no solo su producción, sino también su uso como productos intermedios de otros procesos incluyendo reacciones químicas, balances de masas y aplicaciones en otras industrias.
- Plantear métodos y procedimientos para revisar la coherencia de series de tiempo y la generación de datos nuevos cuando hay vacíos de información.
- Fortalecer capacidades referidas al control de calidad recomendados por el IPCC y la ICA.
- Identificar potenciales arreglos institucionales para la elaboración periódica del RAGEI, fortalecer capacidades de gestión y planificación en el marco de las acciones del Infocarbono considerando las recomendaciones del IPCC y de la ICA y de la EPA.

- Identificar y evaluar la posibilidad de establecer sinergias para el levantamiento de información de las empresas comprendidas dentro del alcance de los RAGEI, con otros sistemas de información como el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) del MINAM.

3.2 Procedimientos y arreglos para recolectar y archivar la información

Previo a la recolección de información, se realizó la identificación de empresas principales evaluando el directorio de registros de contribuyentes de la SUNAT⁵. Es así como se enviaron las solicitudes de información a un conjunto de empresas que al menos representaba el 80 % de las ventas del año 2015. Esto se realizó para las categorías correspondientes a producción de cemento, producción de vidrio, y producción de hierro y acero. Los procedimientos se basaron en las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006, considerando también los procedimientos empleados en el RAGEI 2014.

Durante la recopilación, las fuentes de información se creó una carpeta “Fuentes de Información RAGEI PIUP 2016” la cual contiene las fuentes de información utilizadas, como publicaciones digitales de páginas de internet oficiales, información recibida por las empresas a manera de mensajes de correo electrónico, oficios, memorandos o cartas enviadas en digital o en físico.

Posteriormente, la información recopilada, dependiendo de la metodología de cálculo de cada fuente de emisión, fue sistematizada y procesada, para posteriormente ser utilizada para determinar las emisiones de GEI.

El archivo de la data recibida y procesada ha sido digital, esto implicó la digitalización de documentos físicos recibidos, así como el vaciado de los datos contenidos en ellos. El resultado final es un archivo con las fuentes de información utilizadas para las fuentes de emisión consideradas. El archivo completo de la documentación del RAGEI PIUP es realizado y administrado por la Dirección de Gestión Ambiental de Industrias DGAAMI.

El archivo completo del RAGEI está conformado por los siguientes documentos: (a) el Informe final RAGEI (el presente documento); (b) las Planilla de Cálculo de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014; y (c) el archivo de fuentes de información. La Planilla de Cálculo del año 2016 incluye el análisis de incertidumbre y vincula los resultados finales de las estimaciones de toda la serie de tiempo evaluada (años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014).

3.3 Control de la calidad y garantía de la calidad

Las actividades de Control de Calidad (CC) se realizaron de acuerdo a los recursos disponibles y el conocimiento sobre las categorías. Para ello, se aplicaron procedimientos generales en función a lo que establecen las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 1,

⁵ La fuente es: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2015). *Directorio de empresas 2015 de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes)*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

Capítulo 6, Cuadro 6.1, pp. 6.10 y 6.11. Asimismo, el presente inventario ha incluido las mejoras relacionadas a la obtención de información más específica por parte de algunas empresas (dato nacional), así como la identificación de nuevas fuentes de información para las subcategorías 2B1 Producción de amoníaco y 2C3 Producción de aluminio las cuales evidencian que en el país no ocurren emisiones derivadas de estas actividades productivas, y también la corrección del factor de emisión de la subcategoría 2B7 Producción de ceniza de sosa para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016. Además, este reporte incluye la actualización de estimaciones para 2A1 Producción de cemento en los años 2010, 2012 y 2014; 2C1 Producción de hierro y acero para los años 2012 y 2014; y 2B1 Producción de amoníaco y 2C3 Producción de aluminio en toda la serie temporal.

También, se realizó la corrección de la fórmula correspondiente a la Sensibilidad tipo A para el cálculo de la incertidumbre y el replanteamiento de algunas hipótesis relacionadas al cálculo de la incertidumbre de los factores de emisión de 2A3 producción de cal y 2C3 producción de aluminio.

4. METODOLOGÍA APLICADA

4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

La estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector PIUP para el año 2016 y la actualización de las estimaciones para la serie de tiempo correspondiente a los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014 fueron realizadas, aplicando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006).

En función a la disponibilidad de recursos y a la priorización de esfuerzos las estimaciones realizadas no abarcaron el total de las actividades (fuentes de emisión) categorizadas por el IPCC para el sector PIUP. Sin embargo, aquellas consideradas son de las que se tienen mayor conocimiento e información y, por lo tanto, se considera un primer indicio que el RAGEI cuenta con un nivel de representatividad de las emisiones del sector aceptable. Se espera seguir mejorando la exhaustividad del inventario, que por la cantidad y la heterogeneidad de los procesos que incluye PIUP representa un gran reto.

La Tabla 3, describe las emisiones de GEI de las fuentes de emisión evaluadas en el RAGEI 2016. Si bien el IPCC en sus Directrices del IPCC de 2006 ha identificado los gases GEI generados (directos e indirectos) para cada fuente, no establece metodología para la estimación de emisiones de todos estos gases, por tanto, la estimación en estos casos no se realizó. Cabe indicar que no se abordaron las emisiones de precursores de GEI tales como CO, NOx y COVDM.

Tabla 3. Categoría y fuentes de emisiones del sector PIUP evaluadas y las emisiones estimadas

Codificación			Descripción	Categorización IPCC (GL2006)	GEI generados – directos e indirectos ⁶	GEI estimados en el RAGEI 2016
2			Procesos Industriales y uso de productos	Sector		
	2A		Industria de los minerales	Categoría		
		2A1	Producción de cemento	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
		2A2	Producción de cal	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
		2A3	Producción de vidrio	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
		2A4	Otros usos de carbonatos	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
		2A4a	Cerámicas (alcance ladrillos)	Fuente	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
		2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato de sodio)	Fuente	CO ₂ , CH ₄	CO ₂
	2B		Industria química	Categoría		
		2B2	Producción de ácido nítrico	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	N ₂ O
		2B7	Producción de ceniza de sosa (carbonato de sodio)	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂
	2C		Industria de los metales	Categoría		
		2C1	Producción de hierro y acero	Subcategoría	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ , CH ₄
		2C5	Producción de plomo	Subcategoría	CO ₂	CO ₂
		2C6	Producción de zinc	Subcategoría	CO ₂	CO ₂

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

⁶ En letras de color gris señalan los GEI de las fuentes de emisión para los cuales no se dispone de metodología del IPCC.

4.2 Metodología del análisis de incertidumbre

Las estimaciones de la incertidumbre ayudan a priorizar los esfuerzos para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre elección de metodología. Asimismo, permiten que los usuarios de los inventarios comprendan la fiabilidad real de la estimación total y de sus componentes.

El análisis de incertidumbre del sector Procesos Industriales y Uso de Productos se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesta en las OBP2000. Este método consiste en la estimación de las incertidumbres usando la ecuación de propagación de errores mediante reglas de combinación. Además de obtener la incertidumbre para el sector, se ha obtenido para cada categoría y subcategoría.

El análisis obtiene la incertidumbre de la tendencia entre un año de interés y el año base, que en el presente caso es entre el año 2016 y el 2010. Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad se utilizaron los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000⁷. Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos. La siguiente ecuación presenta la aplicación de la mencionada regla B.

Ecuación 6.4. Regla B de combinación

$$U_{\text{total}} = \sqrt{(U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2)}$$

Donde:

U_{total} es la incertidumbre porcentual en el producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza de 95% dividida por el total y expresada como porcentaje);

U_i son las incertidumbres porcentuales asociadas con cada una de las cantidades.

Fuente: OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

4.3 Metodología para garantizar la coherencia de serie temporal

La elaboración del RAGEI 2016 ha implicado la actualización de las estimaciones previas de emisiones para la producción de cemento en los años 2010, 2012 y 2014; así como la producción de hierro y acero para los años 2012 y 2014; y la actualización de la serie temporal para la producción de amoníaco y aluminio en toda la serie temporal considerando que no ocurre. Para el caso del cemento, y hierro y acero esta actualización se debió a la obtención de información de las empresas para dichos años, mientras que para el caso del amoníaco y aluminio la actualización se debió al empleo nuevas fuentes de información. Asimismo, se corrigió el factor de emisión para la producción de ceniza de sosa para los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014.

⁷ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

Es importante acotar que, para garantizar la coherencia de la serie temporal, las fuentes de emisión evaluadas mantienen para todos los años el mismo alcance, metodología o datos de actividad que son propuestos por el IPCC en las Directrices del IPCC de 2006.

La Tabla 4, resume el uso de datos reales y calculados en la estimación de las emisiones de la serie temporal. En ella se considera como dato real, aquel que no ha sido procesado y que se ha tomado directamente de la fuente de información. Por otro lado, un dato calculado, es aquel que se ha obtenido a partir del procesamiento de la información ante un vacío de información. En algunos casos se ha usado una combinación de ambos datos para llegar al dato nacional deseado. Asimismo, la tabla indica como datos considerados como nulos cuando se decidió considerar el dato nacional como cero, debido a que la fuente de información no registra valores (producción de Zinc y Plomo).

Tabla 4. Resumen del uso de datos reales y calculados en la estimación de las emisiones de la serie temporal

Clasificación	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Uso de datos reales y/o calculados en los años de la serie temporal						
				2016	2014	2012	2010	2005	2000	
2			Procesos Industriales y uso de productos							
2A			Industria de los minerales							
	2A1		Producción de cemento	Masa de clínker producido	Producción de clínker	Real	Real	Real	Real	Real
					Contenido de óxido de calcio en el clínker	Real	Real	Real	Real	Real
						Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
	2A2		Producción de cal	Producción de cal	Producción de cal	Real	Real	Calculado	Calculado	Calculado
	2A3		Producción de vidrio	Masa del vidrio producido	Producción de vidrio fundido	Real	Real	Calculado	Calculado	Calculado
					Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso	Real	Real	Real	Calculado	Calculado
	2A4		Otros usos de carbonatos en los procesos							
	2A4a		Cerámicas	Masa del carbonato (calcita o dolomita) consumido en los procesos	Producción de ladrillo de techo (hueco)	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de ladrillo king Kong	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de ladrillo pandereta	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de otros ladrillos para muro	Real	Real	Real	Real	Real
					Masa promedio por unidad de ladrillo de techo (hueco)	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
					Masa promedio por unidad de ladrillo king kong	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
					Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
					Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
	2A4b		Otros usos de la ceniza de sosa	Masa de ceniza de sosa consumida en los procesos	Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	Real	Real	Real	Real	Real
					Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de carbonato de sodio	Real	Real	Calculado	Calculado	Calculado
					Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado
2B			Industria química							
	2B2		Producción de ácido nítrico	Producción de ácido nítrico	Producción de ácido nítrico	Real	Real	Calculado	Calculado	Calculado
	2B7		Producción de ceniza de sosa	Ceniza de sosa producida o cantidad de mineral trona utilizado para su producción	Producción de carbonato de sodio	Real	Real	Calculado	Calculado	Calculado
2C			Industria de los metales							
	2C1		Producción de hierro y acero	Producción de acero (crudo) por tipo de tecnología (EAF, OHF, BOF)	Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de Acero en hornos de reverbero – OHF	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de Acero en hornos básicos de oxígeno – BOF	Real	Real	Real	Real	Real
					Producción de acero (crudo)	Real	Real	Real	Real	Real
					Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	Real	Real	Real	Real	Real
				Cantidad de producción de arrabio (hierro producido en alto horno) no convertido en acero	Cantidad de Hierro de alto horno (arrabio) que no es convertido a acero	Real	Real	Real	Real	Real

Clasificación	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Uso de datos reales y/o calculados en los años de la serie temporal						
				2016	2014	2012	2010	2005	2000	
2			Procesos Industriales y uso de productos							
			Cantidad de hierro directamente reducido producido	Producción de hierro directamente reducido (DRI)	Real	Real	Real	Real	Real	Real
			Cantidad de pelets producidos	Producción de peletizado de concentrado de Hierro	Real	Real	Real	Real	Real	Real
			Cantidad de sinterizado producido	Producción de sinterizado de concentrado de Hierro	Real	Real	Real	Real	Real	Real
			Cantidad de hierro producido en alto horno (arrabio convertido y no convertido en acero), toneladas	Cantidad de Hierro de alto horno (arrabio) total (convertido y no convertido en acero)	Real	Real	Real	Real	Real Calculado	Real Calculado
	2C5	Producción de plomo	Producción de plomo por fuente (primario y secundario) y por tipo de proceso (Imperial Smelting Furnaces, fundición directa)	Producción minera de Plomo (fundido)	Considerado nulo	Considerado nulo				
				Producción minera de Plomo (refinado)	Considerado nulo	Considerado nulo	Considerado nulo	Real	Real	Calculado
	2C6	Producción de zinc	Cantidad de zinc producido por tipo de proceso (Waelz Kiln, pirometalúrgico, electrotérmico)	Producción minera de Zinc (fundido)	Considerado nulo	Considerado nulo				
				Producción minera de Zinc (refinado)	Real	Real	Real	Real	Real	Calculado

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

5. RESULTADO SECTORIAL

5.1 Análisis de resultados

El sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) aborda las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por los procesos industriales, el uso de GEI en algunos tipos de productos y por el uso no energético del carbono contenido en combustibles fósiles. El IPCC lo define como: "Emisiones de productos industriales y uso de productos, excluyendo los vinculados a la combustión de energía (extracción, procesamiento y transporte de combustibles (declaradas en 1B) y transporte, inyección y almacenamiento de CO₂ (declaradas en 1C)". Tal como se describió en la Tabla 3, el presente RAGEI ha abordado tres categorías y once subcategorías. La primera categoría es la industria de los minerales, en ella se han estimado las emisiones de GEI de la producción de cemento, la producción de cal, la producción de vidrio y de otros usos de carbonatos (que incluye cerámicas y ceniza de sosa). La segunda categoría es la industria de química, la cual considera la producción de amoníaco, la producción de ácido nítrico y la producción de ceniza de sosa; a diferencia del RAGEI 2014 en este RAGEI se identificó que en el país no ocurren emisiones de GEI derivadas de la producción de amoníaco. La tercera categoría evaluada es la industria de los metales, donde se abordan las emisiones de la producción de hierro y acero, la producción de aluminio, la producción de plomo y la producción de zinc; a diferencia del RAGEI 2014 en este RAGEI se identificó que en el país no ocurren emisiones de GEI derivadas de la producción de aluminio.

El principal GEI emitido por el sector PIUP es el dióxido de carbono, pero también emite metano y óxido nítrico. La producción de hierro y acero (subcategoría 2C1) emite metano, además de dióxido de carbono, mientras que la producción de ácido nítrico (subcategoría 2B2) emite óxido nítrico. El resto de las fuentes de emisión evaluadas generan solo dióxido de carbono.

El resultado sectorial de la estimación de las emisiones del sector PIUP para el año 2016 es igual a 5,822.37 Gg CO₂ eq donde la subcategoría 2A1 - Producción de Cemento es la más representativa participando con el 72.54 % de las emisiones estimadas (4,223.75 Gg CO₂ eq). Debido a la magnitud de esta subcategoría, la categoría a la que pertenece (industria de los minerales) es la de mayor participación en el sector PIUP con 86.81 % de las emisiones en el año 2016. Las otras dos categorías, industria química e industria de los metales, participan con un 2.26 % y 10.94 % respectivamente. A continuación, se presentan los cuadros y figuras que resumen los resultados con el detalle de las emisiones por subcategoría.

Tabla 5. Cuadro resumen por subcategorías – Emisiones de GEI, 2016 – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

Categorías	CO ₂ neto	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	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
	(Gg)			Equivalente de CO ₂ (Gg)				(Gg)				
2	Procesos Industriales y uso de productos											
2A	Industria de los minerales											
2A1	Producción de Cemento	4,223.75							NE	NE	NE	NE
2A2	Producción de Cal	702.85							NE	NE	NE	NE
2A3	Producción de Vidrio	35.24							NE	NE	NE	NE
2A4	Otros usos de Carbonatos								NE	NE	NE	NE
2A4a	Cerámicas	72.77							NE	NE	NE	NE
2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	19.51							NE	NE	NE	NE
2A4c	Producción de Magnesio no metalúrgica	NE							NE	NE	NE	NE
2A4d	Otros	NE							NE	NE	NE	NE
2A5	Otros	NE							NE	NE	NE	NE
2B	Industria química											
2B1	Producción de Amoníaco	NO							NE	NE	NE	NE
2B2	Producción de Ácido Nítrico			0.42					NE	NE	NE	NE
2B3	Producción de Ácido Adípico			NE					NE	NE	NE	NE
2B4	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			NE					NE	NE	NE	NE
2B5	Producción de Carburos	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B6	Producción de Dióxido de Titanio	NE							NE	NE	NE	NE
2B7	Producción de Ceniza de Sosa	0.06							NE	NE	NE	NE
2B8	Producción petroquímica y de negro de humo								NE	NE	NE	NE
2B8a	Metanol	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B8b	Etileno	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B8c	Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B8d	Óxido de etileno	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B8e	Acilonitrilo	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B8f	Negro de humo	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B9	Producción fluoroquímica								NE	NE	NE	NE
2B9a	Emisiones de productos derivados (Nota 5)				NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2B9b	Emisiones fugitivas (Nota 5)				NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2B10	Otros								NE	NE	NE	NE
2C	Industria de los metales											
2C1	Producción de Hierro y Acero	99.56	0.0001						NE	NE	NE	NE
2C2	Producción de Ferroaleaciones	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2C3	Producción de Aluminio	NO				NE			NE	NE	NE	NE
2C4	Producción de Magnesio	NE			NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2C5	Producción de Plomo	0.00							NE	NE	NE	NE
2C6	Producción de Zinc	537.22							NE	NE	NE	NE
2C7	Otros								NE	NE	NE	NE
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes											
2D1	Uso de lubricantes	NE							NE	NE	NE	NE
2D2	Uso de la cera de parafina	NE							NE	NE	NE	NE
2D3	Uso de solventes								NE	NE	NE	NE
2D4	Otros								NE	NE	NE	NE

Categorías	CO ₂ neto	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	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
	(Gg)			Equivalente de CO ₂ (Gg)				(Gg)				
2E Industrial electrónica												
2E1 Circuitos integrados o semiconductores				NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2E2 Pantalla plana tipo TFT				NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2E3 Productos fotovoltaicos / células fotovoltaicas				NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2E4 Fluidos de transferencia térmica							NE	NE	NE	NE	NE	NE
2E5 Otros									NE	NE	NE	NE
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono												
2F1 Refrigeración y aire acondicionado									NE	NE	NE	NE
2F1a Refrigeración y aire acondicionado estacionario				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2F1b Aire acondicionado móvil				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2F2 Agentes espumantes				NE					NE	NE	NE	NE
2F3 Protección contra incendios				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2F4 Aerosoles				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2F5 Solventes				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2F6 Otras aplicaciones				NE	NE				NE	NE	NE	NE
2G Manufactura y utilización de otros productos												
2G1 Equipos eléctricos									NE	NE	NE	NE
2G1a Manufactura de equipos eléctricos (Nota 13)					NE	NE			NE	NE	NE	NE
2G1b Uso de equipos eléctricos (Nota 13)					NE	NE			NE	NE	NE	NE
2G1c Eliminación de equipos eléctricos (Nota 13)					NE	NE			NE	NE	NE	NE
2G2 SF ₆ y PFC del uso de otros productos									NE	NE	NE	NE
2G2a Aplicaciones militares						NE			NE	NE	NE	NE
2G2b Aceleradores (Nota 14)						NE			NE	NE	NE	NE
2G2c Otros					NE	NE			NE	NE	NE	NE
2G3 N ₂ O del uso de productos									NE	NE	NE	NE
2G3a Aplicaciones médicas			NE						NE	NE	NE	NE
2G3b Propulsor para productos presurizados y aerosoles			NE						NE	NE	NE	NE
2G3c Otros			NE						NE	NE	NE	NE
2G4 Otros									NE	NE	NE	NE
2H Otros												
2H1 Industria de la pulpa y del papel									NE	NE	NE	NE
2H2 Industria de la alimentación y la bebida									NE	NE	NE	NE
2H3 Otros									NE	NE	NE	NE

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) (RAGEI PIUP, 2016) en base a Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1, Anexo 8A.2, pp. T.5-T.7, Cuadro A; Directrices del IPCC de 2006. Volumen 3, p. 1.10, Cuadro 1.1 y Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1, pp. 7.9 - 7.13, Cuadro 7.1.

Legenda:

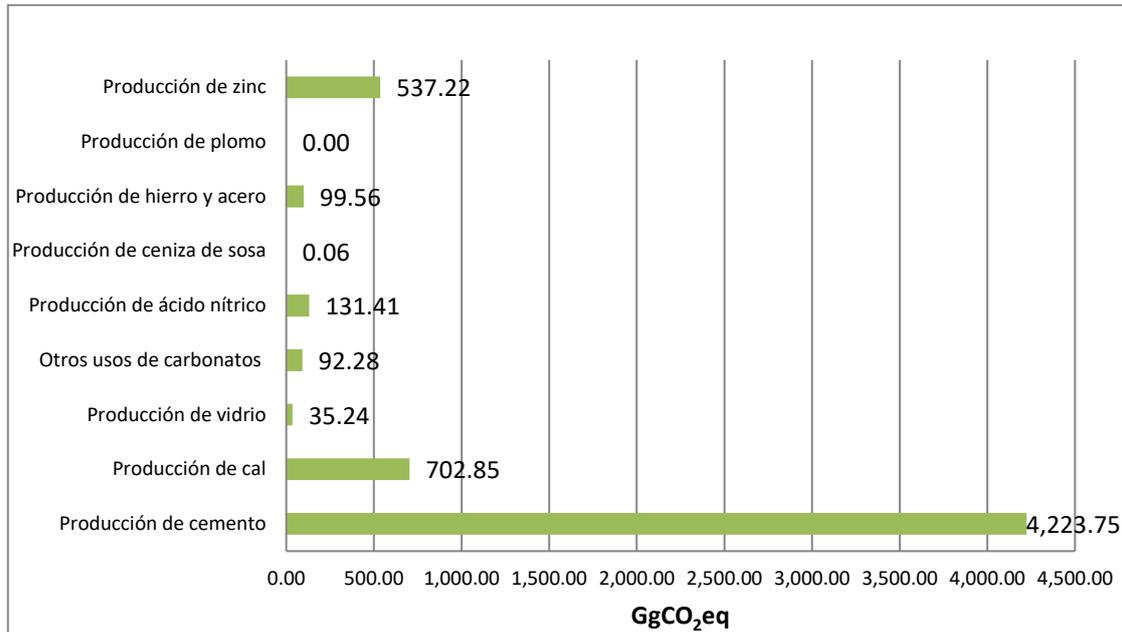
denota los gases que pueden ocasionar emisiones, pero para los cuales no se dan orientaciones metodológicas

denota los gases que no se consideran en las emisiones y por tanto no se ofrecen orientaciones metodológicas

Claves de notación:

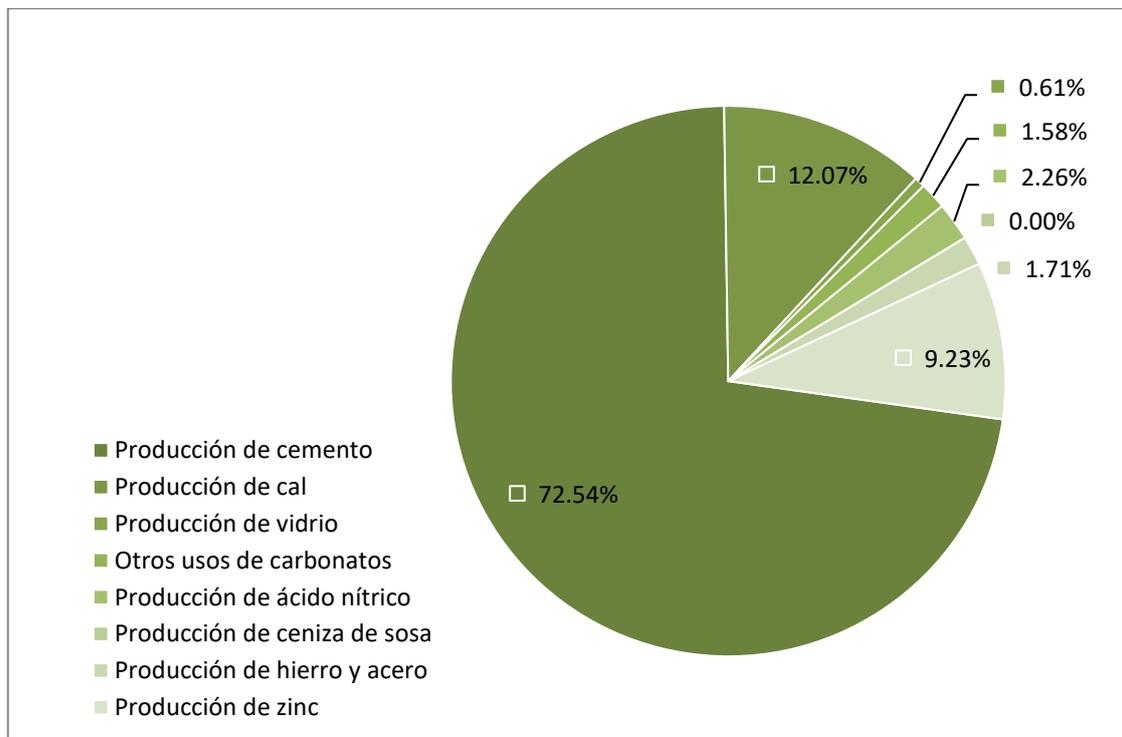
NE: No estimado - IE: Incluida en otro lugar - C: Información confidencial - NA: No aplicable - NO: No ocurre

Figura 4. Emisiones en Gg CO₂eq de las categorías del sector PIUP, 2016



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Figura 5. Participación porcentual de las emisiones en Gg CO₂eq de las categorías del sector PIUP, 2016



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Tabla 6. Cuadro resumen por categorías – Emisiones de GEI, 2016 - Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

Categorías	CO ₂ neto	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	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
	(Gg)			Equivalente de CO ₂ (Gg)					(Gg)			
2 Procesos Industriales y uso de productos	5,690.95	0.0001	0.42	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2A Industria de los minerales	5,054.11	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2B Industria química	0.06	NE	0.42	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2C Industria de los metales	636.78	0.0001	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes	NE	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2E Industrial electrónica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NE	NE	NE	NE	NE		NE	NE	NE	NE	NE	NE
2G Manufactura y utilización de otros productos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2H Otros	NE	NE	NE						NE	NE	NE	NE

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) (RAGEI PIUP, 2016) en base a Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1, Anexo 8A.2, p. T.10, Cuadro B

Luego de la producción de cemento (4,223.75 Gg de CO₂, 72.54%), la siguiente fuente de emisión más significativa en el año 2016 es la producción de cal con una emisión de 702.85 Gg de CO₂ (12.07 %). En tercer lugar, se encuentra la producción de zinc que se estima generó 537.22 Gg de CO₂ (9.23 %). Los menores valores de emisiones se atribuyen a la producción de amoníaco, producción de aluminio y producción de plomo (emisiones nulas), la producción de ceniza de sosa (0.06 Gg de CO₂) y la producción de aluminio (3.08 Gg de CO₂).

Por tipo de GEI, las emisiones en el año 2016 se componen por 5,690.95 Gg de dióxido de carbono, 0.0028 Gg CO₂ eq de metano (igual a 0.0001 Gg de metano) y 131.09 Gg CO₂ eq de óxido nitroso (igual a 0.42 Gg de óxido nitroso).

Como se indicó anteriormente, debido a la priorización del fortalecimiento de capacidades para el levantamiento de información y manejo de planillas de cálculos se mantuvo el alcance del RAGEI 2014. Sin embargo, aquellas consideradas son de las cuales se tiene mayor conocimiento e información y, por lo tanto, esto podría ser un primer indicio que también de que son las más representativas, aunque se espera seguir mejorando la exhaustividad del inventario que representa un gran reto por la cantidad y la heterogeneidad de los procesos.

Los resultados muestran que las emisiones del sector PIUP tienen un comportamiento creciente exponencial con una variación anual promedio de 6.96 %. Donde la principal fuente de emisión corresponde a las emisiones de dióxido de carbono de la producción de cemento.

En general, las categorías evaluadas en el sector PIUP, por definición, están vinculadas con el sector manufactura. Sin embargo, existen vínculos con otros sectores dado que los productos y/o insumos vinculados a PIUP son parte de cadenas productivas de mayor alcance. En tal sentido, la industria de los minerales y la industria de los metales tienen una fuerte relación con el sector construcción ya que estos sectores generan grandes demandas en la producción de los materiales minerales y/o metálicos. Por otro lado, la industria química se vincula principalmente a la manufactura ya que los productos generados (amoníaco, ácido nítrico y ceniza de sosa) son insumos en otros procesos industriales. Como se mencionó previamente, los principales factores que afectan el desempeño de la producción manufacturera están relacionados con el comportamiento del sector externo, el comportamiento del sector interno, el comportamiento del sector construcción y otros factores extraeconómicos.

Entre los factores que determinan el comportamiento del sector construcción se encuentran la ejecución de proyectos de infraestructura y la inversión privada en el sector minero. Un aumento de estos factores significaría un aumento en la demanda de productos como el cemento, la cal y las estructuras metálicas.

Asimismo, en el presente documento se mantiene la confidencialidad de la información reportada por las empresas, y por tal motivo no se mencionan los nombres de las empresas ni los datos específicos de sus plantas, a menos que la fuente de información sea pública. Todos los medios de verificación están guardados en la carpeta "*Fuentes de Información RAGEI PIUP 2016*" mencionado, el cual se cita en este informe con la siguiente bibliografía: *Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)*.

5.2 Análisis de incertidumbre

Para este RAGEI 2016 se han realizado mejoras respecto del RAGEI 2014, entre las cuales se incluye la corrección de la fórmula correspondiente a la Sensibilidad tipo A para el cálculo de la incertidumbre y el replanteamiento de algunas hipótesis relacionadas al cálculo de la incertidumbre del factor de emisión para 2B2 Producción de la cal, así como para la incertidumbre del dato de actividad para la 2B2 Producción de cal.

Los resultados del análisis de incertidumbre del sector PIUP indican que la incertidumbre combinada como porcentaje del total de las emisiones sectoriales en el año 2016 es igual a $\pm 42.65\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones es igual a $\pm 2.91\%$.

La incertidumbre asociada a las subcategorías de Producción de Amoníaco, Producción de Aluminio y Producción de Plomo no ha sido calculada dado que para el caso del Amoníaco y el Aluminio se considera que no ocurren emisiones de GEI en toda la serie temporal, y para el caso del plomo debido a que las emisiones en el año 2010 y 2016 fueron estimadas como nulas. Lo anteriormente mencionado no permite la aplicación del método. La Tabla 7 presenta la estimación de incertidumbre para todo el sector.

Tabla 7. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI de PIUP

INCERTIDUMBRE DEL SECTOR													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL 2006)	Categoría del IPCC	Gas	Emisiones año base (INGEI 2010)	Emisiones año t (RAGEI 2016)	Incetidumbre en los datos de nivel de actividad	Incetidumbre en el factor de emisión	Incetidumbre combinada	Incetidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Sensibilidad tipo A	Sensibilidad tipo B	Incetidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incetidumbre en el factor de emisión	Incetidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incetidumbre en los datos de actividad	Incetidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
			Datos de entrada Gg CO ₂ e/q	Datos de entrada Gg CO ₂ e/q	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	%	%	D / ΣC	I · F	J · E · $\sqrt{2}$
2	Procesos Industriales y uso de productos												
2A	Industria de los minerales												
2A1	Producción de Cemento	CO ₂	3,339.80	4,223.58	1.50%	58.39%	58.41%	42.03%	-0.03%	93.81%	-0.02%	1.99%	1.99%
2A2	Producción de Cal	CO ₂	270.44	702.85	5.00%	2.83%	5.74%	0.69%	0.08%	15.61%	0.00%	1.10%	1.10%
2A3	Producción de Vidrio	CO ₂	34.45	35.24	40.31%	60.00%	72.28%	0.43%	0.00%	0.78%	0.00%	0.45%	0.45%
2A4	Otros usos de Carbonatos								0.00				
2A4a	Cerámicas	CO ₂	65.39	72.77	2.83%	3.00%	4.12%	0.05%	0.00%	1.62%	0.00%	0.06%	0.06%
2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	CO ₂	13.62	19.51	2.83%	3.00%	4.12%	0.01%	0.00%	0.43%	0.00%	0.02%	0.02%
2B	Industria química												
2B2	Producción de Ácido Nítrico	N ₂ O	178.67	131.41	2.00%	40.00%	40.05%	0.90%	-0.02%	2.92%	-0.01%	0.08%	0.08%
2B7	Producción de Ceniza de Sosa	CO ₂	0.09	0.06	5.00%	0.00%	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2C	Industria de los metales												
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO ₂	184.51	99.56	10.00%	25.00%	26.93%	0.46%	-0.03%	2.21%	-0.01%	0.31%	0.31%
2C1	Producción de Hierro y Acero	CH ₄	0.03	0.00	10.00%	25.00%	26.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2C6	Producción de Zinc	CO ₂	383.75	537.22	10.00%	50.00%	50.99%	4.67%	0.01%	11.93%	0.00%	1.69%	1.69%
			4,470.76	5,822.37				42.65%				+/-	2.91%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Los resultados presentados en la Tabla 8 muestran que para las emisiones totales del sector PIUP, la mayor incertidumbre es aportada por la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de la producción de cemento (subcategoría 2A1). Esta fuente tiene una incertidumbre combinada como porcentaje del total de las emisiones sectoriales en el año 2016, igual a $\pm 48.81\%$ y una incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones, igual a $\pm 2.41\%$. Este alto porcentaje de incertidumbre combinada se deben en primer lugar a que esta fuente tiene el mayor peso en las emisiones totales (71.95% de las emisiones de CO_2 eq del año 2016) y en segundo lugar a las hipótesis asumidas que incrementan principalmente la incertidumbre del factor de emisión aplicado (que en este caso es de $\pm 58.39\%$, ver también sección 6.1.1.5). Luego de la producción de cemento, la siguiente fuente de emisión que aporta mayor incertidumbre es la emisión de dióxido de carbono de la producción de zinc (subcategoría 2C6) con una incertidumbre combinada como porcentaje del total de las emisiones sectoriales en el año 2016 de $\pm 42.81\%$ y una incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones de $\pm 50.00\%$.

La Tabla 8 presenta los resultados de la estimación de la incertidumbre por cada una de las tres categorías evaluadas.

Tabla 8. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI de PIUP por categorías

INCERTIDUMBRE POR CATEGORÍA								
A		B	E	F	H	M		
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales		
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$(G \cdot D) / \Sigma D$ %	$\sqrt{(K^2 + L^2)}$ %		
2	Procesos Industriales y uso de productos							
2A	Industria de los minerales							
	2A1	Producción de Cemento	CO_2	1.50%	58.39%	48.81%	2.41%	
	2A2	Producción de Cal	CO_2	5.00%	2.83%	0.08%	1.33%	
	2A3	Producción de Vidrio	CO_2	40.31%	60.00%	0.50%	0.54%	
	2A4	Otros usos de Carbonatos						
	2A4a	Cerámicas	CO_2	2.83%	3.00%	0.06%	0.08%	
	2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	CO_2	2.83%	3.00%	0.02%	0.02%	
						$\pm 48.82\%$	$\pm 2.81\%$	
2B	Industria química							
	2B2	Producción de Ácido Nítrico	N_2O	2.00%	40.00%	40.03%	28.08%	
	2B7	Producción de Ceniza de Sosa	CO_2	5.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
						$\pm 40.03\%$	$\pm 28.08\%$	
2C	Industria de los metales							
	2C1	Producción de Hierro y Acero	CO_2	10.00%	25.00%	4.21%	23.82%	
	2C1	Producción de Hierro y Acero	CH_4	10.00%	25.00%	0.00%	23.74%	
	2C6	Producción de Zinc	CO_2	10.00%	50.00%	43.02%	49.41%	
						$\pm 43.22\%$	$\pm 59.77\%$	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

El mayor valor de incertidumbre combinada como porcentaje del total de las emisiones de las subcategorías correspondientes en el año 2016, se presenta en la categoría de la industria de los minerales cuyo valor es igual a $\pm 48.82\%$. Considerando, además, que esta categoría representa el 86.81 % de las emisiones sectoriales, su incertidumbre toma una mayor importancia. Dentro de esta categoría, se encuentra la producción de cemento que, como se había mencionado, es la fuente más importante de emisiones y de incertidumbre del sector PIUP.

Por otro lado, el mayor valor de la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones por categorías para el año 2016, se presenta en la categoría Industria de los metales cuyo valor es igual a $\pm 59.77\%$. Esta categoría es la segunda fuente más importante de emisiones y de incertidumbre del sector PIUP.

En las secciones sobre análisis de incertidumbre de cada subcategoría se describe con mayor detalle la estimación de incertidumbre realizada y sus resultados. Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre, se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016.

5.3 Actualización de la serie temporal

Como se mencionó en el numeral 4.3, se actualizaron las estimaciones previas de emisiones para la producción de cemento en los años 2010, 2012 y 2014; así como para la producción de hierro y acero para los años 2012 y 2014; y para la producción de amoníaco y aluminio en toda la serie temporal considerando que no ocurren emisiones. Para el caso del cemento, y hierro y acero las actualizaciones se realizaron debido a la obtención de información de las empresas con la cual no se contó al momento de la realización del RAGEI 2014; mientras que para el caso del amoníaco y aluminio la actualización se debió al empleo nuevas fuentes de información de datos a nivel nacional. Asimismo, se corrigió el factor de emisión para la producción de ceniza de sosa para los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. En la Tabla 9, se presentan las mejoras mencionadas.

Tabla 9. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2016

No	Descripción de la acción de mejora	Categoría involucrada	Impacto en la estimación de tCO ₂ e _q de la serie temporal u otros atributos del RAGEI
1	Se realizó el archivo digital y la sistematización de la documentación sobre niveles de actividad y factores de emisión y conversión para los años actualizados. Los archivos de fuentes de información se vincularon con las pestañas correspondientes a la información base.	todas	Mejora la transparencia y la comparabilidad.
2	Dato nacional: se incluyó información referida al óxido de calcio de una empresa no considerada en el RAGEI 2014 así como de una empresa de la cual se obtuvo información de fuentes secundarias para el mencionado RAGEI 2014, obteniendo así la información requerida de la totalidad de empresas cementeras comprendidas en el alcance.	2A1: Producción de cemento	Mejora la exhaustividad.

No	Descripción de la acción de mejora	Categoría involucrada	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI
3	Dato nacional: se actualizó información de los años 2010, 2012 y 2014.	2A1: Producción de cemento	Mejora la exhaustividad y la exactitud.
4	Factor de emisión: se actualizó el factor de emisión por defecto utilizando el valor del promedio nacional del contenido de óxido de calcio en el clínker calculado en función a información reportada de las empresas.	2A1: Producción de cemento	Mejora la exactitud.
5	Dato nacional: se identificó a las empresas productoras de amoníaco, así como a sus tecnologías lo cual, a diferencia del RAGEI 2014, permitió identificar que en el país no hay producción nacional de amoníaco en base a Gas Natural, y que por lo tanto no ocurren emisiones de GEI asociadas a esta actividad.	2B1: Producción de Amoníaco	Mejora la exhaustividad.
6	Dato nacional: se actualizó información de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014.	2B1: Producción de Amoníaco	Mejora la exhaustividad y la exactitud.
7	Dato nacional: se identificó y empleó una fuente de información más precisa respecto a la producción de aluminio primario, a partir de lo cual se identificó que no hay producción de aluminio primario en el país, y que por lo tanto no ocurren emisiones de GEI asociadas a esta actividad.	2C3: Producción de aluminio	Mejora la exhaustividad.
8	Dato nacional: se actualizó información de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014.	2C3: Producción de aluminio	Mejora la exhaustividad y la exactitud.
9	Dato nacional: en la estimación de la incertidumbre se consideró la incertidumbre del dato de actividad (producción vidrio fundido y proporción de vidrio reciclado utilizado) reportado por una de las empresas.	2A3: Producción de vidrio	Mejora la exactitud.
10	Factor de emisión: se corrigió el factor de emisión para el año 2016 y la serie temporal: años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014.	2B7: Producción de carbonato de sodio (ceniza de sosa)	Mejora la exactitud.
11	Dato nacional: Se obtuvo información diferenciada según las tecnologías de producción de una de las empresas para el año 2016, y se actualizó la información referida a los años 2012 y 2014 para la empresa en mención.	2C1: Producción de hierro y acero	Mejora la exhaustividad y la exactitud.
12	Dato nacional: se corroboró que el dato ausente de las estadísticas mineras del MINEM, referidas a la producción de plomo refinado se debe a que no hubo producción.	2C4: Producción de plomo	Mejora la exactitud y la exhaustividad.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Asimismo, considerando que en el marco del RAGEI 2014 se realizó la identificación de acciones de mejora para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial, las cuales se presentaron en una tabla, en el presente RAGEI 2016, se ha incluido dicha tabla actualizando aquellas mejoras que ya han sido implementadas. En la Tabla 10 se puede apreciar dicha actualización, en la cual se indica el nivel de avance de las mismas a la fecha.

Tabla 10. Estatus de la implementación de las acciones de mejora planificadas para los 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
1	<u>2A1: Producción de Cemento</u> Solicitar información de planta sobre el contenido de óxido de calcio de todas las empresas (completar la información ya reportada) y actualizar el promedio nacional.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	Se completó la recopilación de información por parte de todas las empresas identificadas y se actualizó el promedio nacional para el año 2016	La medida fue implementada para el RAGEI 2016. Esta información deberá solicitarse para cada RAGEI.
2	<u>2A1: Producción de Cemento</u> Solicitar información sobre el contenido de óxido de magnesio en el clínker y su procedencia, para evaluar la pertinencia de su incorporación en la estimación.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	Se solicitó dicha información, más la respuesta fue que el óxido de magnesio utilizado no proviene de fuentes diferentes a las materias primas.	La medida ya fue implementada
3	<u>2A1: Producción de Cemento</u> Realizar consultas a las empresas sobre la posibilidad que reporten mayor información ⁸ de sus plantas con el fin de mejorar el nivel de cálculo (pasar de nivel 2 a nivel 3).	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
4	<u>2A2: Producción de Cal</u> Identificar a los productores de cal y evaluar la factibilidad de solicitar información de sus plantas para toda la serie de tiempo que en el actual inventario presenta vacíos de información.	Mejora la exhaustividad, la exactitud y la coherencia.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
5	<u>2A2: Producción de Cal</u> Revisar información de cal como bien fiscalizado cuya producción se registra en la Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados (INIQBF) de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT).	Mejora la exhaustividad, la exactitud y la coherencia.	No se han iniciado acciones de implementación.	Corto plazo

⁸ Cantidad y tipo de carbonatos consumidos (caliza, dolomita, etc.), composición química de los carbonatos consumidos, y de ser posible calcinación alcanzada por los carbonatos y masa de polvo de horno de cemento no calcinada ni reciclada. En el caso de los dos últimos, si no se contara con dicha información podría utilizarse factores por defecto.

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
6	<u>2A3: Producción de Vidrio</u> Revisar y realizar una validación con expertos del porcentaje de <i>cullet</i> (vidrio reciclado) utilizado y/o profundizar en la búsqueda de información nacional sobre el reciclaje de vidrio en el país.	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
7	<u>2A4a: Otros usos de Carbonatos (cerámicas)</u> Identificar posibles nuevas fuentes de información para incluir más tipos de cerámicas y no solo ladrillos.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
8	<u>2A4a: Otros usos de Carbonatos (cerámicas)</u> Evaluar la factibilidad de solicitar información a nivel de principales empresas de sus plantas y para toda la serie de tiempo.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
9	<u>2A4a: Otros usos de Carbonatos (cerámicas)</u> Revisar información para incluir otros tipos de cerámicos (diferentes a ladrillos) o estimar un peso estándar para realizar la conversión a masa a través de un panel experto.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
10	<u>2A4b: Otros usos de la Ceniza de Sosa</u> Revisar el consumo calculado para otros usos de ceniza de sosa para los años 2000 y 2005, para los cuales no hay información de producción de vidrio de planta y/o consumo de ceniza de sosa para vidrio y se utilizan valores extrapolados. Identificar si existen fuentes de información complementarias.	Mejora la exactitud y la coherencia.	No se han iniciado acciones de implementación.	Corto plazo
11	<u>2B1: Producción de Amoniaco</u> Evaluar la factibilidad de solicitar información a nivel de principales empresas de sus plantas y para toda la serie de tiempo.	Mejora la exhaustividad y la exactitud.	Se solicitó y se recibió información del 2000 al 2016 y se identificó que en el país no ocurren emisiones de GEI provenientes de esta fuente.	La medida ya fue implementada

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
12	<u>2B2: Producción de Ácido Nítrico</u> Solicitar datos de producción de ácido nítrico para todos los años, registrado como insumo fiscalizado en la INIQBF de la SUNAT (de 2014 en adelante) para mejorar la extrapolación aplicada al completar la serie de tiempo (incluyendo años para los cuales no se genera INGEI).	Mejora la exactitud y la coherencia.	Se solicitó y se recibió información del 2015 y 2016	Corto plazo
13	<u>2B5: Producción de Carburos</u> Profundizar en la revisión de información, verificar si realmente no hay producción de carburos y documentarlo.	Mejora la transparencia.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
14	<u>2B7: Producción de Ceniza de Sosa</u> Solicitar datos de producción de ceniza de sosa para todos los años registrado como insumo fiscalizado en la INIQBF de la SUNAT (de 2014 en adelante) para mejorar la función aplicada para completar los vacíos de la serie de tiempo (incluyendo años para los cuales no se genera INGEI). Asimismo, sobre importación y exportación que se utilizan como variables de dicha función.	Mejora la exactitud y la coherencia.	Se solicitó y recibió información del 2015 y 2016	Corto plazo
15	<u>2C1: Producción de Hierro y Acero</u> Diferenciar en la información de producción de hornos eléctricos EAF con la producción de hornos eléctricos de inducción (que no emite GEI).	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	Las empresas correspondientes reportaron la información de forma diferenciada según tipo de horno, salvo el caso de 1 empresa que no reportó información.	Corto plazo.
16	<u>2C1: Producción de Hierro y Acero</u> Identificar a empresas productoras de hierro y acero no consideradas y procurar incluirlas en la estimación si su actividad es significativa.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	Se realizó una revisión del listado de empresas y se cotejó con los registros de SUNAT y especialistas de la DEAM (DGAAMI-PRODUCE) y no se identificaron empresas adicionales.	Corto plazo Esta actividad deberá realizarse para cada 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
17	<u>2C1: Producción de Hierro y Acero</u> Profundizar sobre los procesos de peletizado de hierro que se aplican en las empresas para determinar la pertinencia de las emisiones en función a las tecnologías.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
18	<u>2C3: Producción de Aluminio</u> Profundizar en la revisión de información para identificar nuevas fuentes para completar la serie de tiempo.	Mejora la exactitud y la coherencia.	Se identificó una nueva fuente de información referida a la producción de aluminio primario para toda la serie de tiempo.	La medida ya fue implementada.
19	<u>2C3: Producción de Aluminio</u> Identificar a las empresas productoras de aluminio primario y evaluar la factibilidad de solicitarles información.	Mejora la exactitud y la exhaustividad	Se identificó que en país no existen empresas productoras de aluminio primario.	La medida ya fue implementada.
20	<u>2C4: Producción de Magnesio</u> Profundizar en la revisión de información, verificar si realmente no hay producción de magnesio metálico y documentarlo.	Mejora la transparencia.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
21	<u>2C5: Producción de Plomo</u> Profundizar la comprensión sobre el alcance y representatividad de la información de producción minera de plomo realizando consultas al MINEM.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	Se realizó la consulta a MINEM, en la que se indicó que no hubo producción de plomo refinado para los años consultados.	Mediano plazo
22	<u>2C5: Producción de Plomo</u> Identificar a las empresas productoras de plomo primario y evaluar la factibilidad de solicitarles información.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
23	<u>2C5: Producción de Zinc</u> Identificar a las empresas productoras de zinc primario y evaluar la factibilidad de solicitarles información.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
24	<u>2F: Uso de productos como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono:</u> Identificar la información disponible respecto a las subcategorías comprendidas y evaluar la posibilidad de cuantificar las emisiones de GEI derivadas.	Mejora la exhaustividad.	Se han solicitado los informes realizados en el marco del Protocolo de Montreal con el fin de verificar si cuentan con la información requerida según la metodología del Directrices del IPCC de 2006.	Corto plazo

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
26	<u>Todas las fuentes de emisión:</u> Evaluar el comportamiento de las emisiones en el tiempo relacionando las emisiones con otras variables económicas, políticas o ambientales.	Mejora la coherencia.	Se aborda en el RAGEI 2016 pero puede ser mejorado.	Mediano plazo
27	<u>Todas las fuentes de emisión:</u> Revisar la representatividad de los datos nacionales utilizados, priorizando la información de estadísticas nacionales, que provienen del MINEM, SUNAT y PRODUCE.	Mejora la exactitud, la exhaustividad y la comparabilidad.	Se aborda en el RAGEI 2016 pero puede ser mejorado.	Mediano plazo
28	<u>Todas las fuentes de emisión:</u> Revisar el análisis de incertidumbre (los datos de incertidumbre y su cálculo) con especial prioridad para la emisión de dióxido de carbono en la producción de cemento.	Mejora la exactitud y la comparabilidad.	Se realizó dicha revisión y se realizaron correcciones para el RAGEI 2016.	Corto plazo Esta actividad deberá realizarse para cada RAGEI

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Cabe indicar que, aquellas mejoras propuestas en el RAGEI 2014 referidas a “Realizar consultas a las empresas sobre la confidencialidad de su información con el fin de incrementar la transparencia en las publicaciones del RAGEI” para las subcategorías 2A1 producción de cemento, 2A3 Producción de vidrio y 2C1 Producción de hierro y cemento, no se han considerado para el presente informe. Esto se debe a que, cada informe RAGEI cuenta con su respectivo archivo, el cual contiene a su vez los documentos remitidos por las empresas, en los que consigna la información utilizada. Se considera que, estos archivos representan un mecanismo que vela por la transparencia de la información utilizada en el RAGEI y que viene funcionando adecuadamente, por lo cual, se propone para evaluación posterior la necesidad de incluir medidas como las citadas al inicio de este párrafo.

Finalmente, en la Tabla 11 se presentan la comparación de los resultados de las estimaciones en la serie temporal (actualización en base a las mejoras antes mencionadas) y los resultados de las estimaciones previas (originales).

Tabla 11. Serie temporal de emisiones originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016

Categorías	2000			2005			2010			2012			2014			2016			
	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			
	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O			
2A	Industria de los minerales			1,864.05	1,864.05	0.00%	2,597.51	2,597.51	0.00%	3,722.19	3,723.70	0.04%	4,173.62	4,174.36	0.02%	5,116.40	5,117.19	0.02%	5,054.11
	2A1	Producción de cemento	1,777.66	1,777.66	0.00%	2,375.59	2,375.59	0.00%	3,338.29	3,339.80	0.05%	3,730.60	3,731.34	0.02%	4,590.01	4,590.80	0.02%	4,223.75	
	2A2	Producción de cal	24.43	24.43	0.00%	147.44	147.44	0.00%	270.44	270.44	0.00%	319.64	319.64	0.00%	392.26	392.26	0.00%	702.85	
	2A3	Producción de vidrio	34.39	34.39	0.00%	34.78	34.78	0.00%	34.45	34.45	0.00%	34.81	34.81	0.00%	33.32	33.32	0.00%	35.24	
	2A4	Otros usos de carbonatos	27.57	27.57	0.00%	39.70	39.70	0.00%	79.01	79.01	0.00%	88.57	88.57	0.00%	100.82	100.82	0.00%	92.28	
2B	Industria química			283.75	264.88	-6.65%	247.13	218.87	-11.44%	208.92	178.76	-14.44%	177.26	142.72	-19.49%	192.33	141.95	-26.19%	131.47
	2B1	Producción de amoníaco	18.67	NO	-	27.91	NO	-	29.48	NO	-	33.73	NO	-	49.57	NO	-	NO	
	2B2	Producción de ácido nítrico	264.85	264.85	0.00%	218.82	218.82	0.00%	178.67	178.67	0.00%	142.61	142.61	0.00%	141.84	141.84	0.00%	131.41	
	2B7	Producción de Ceniza de Sosa (Carbonato de Sodio)	0.23	0.03	-86.96%	0.40	0.05	-	0.77	0.09	-	0.92	0.11	-	0.92	0.11	-88.04%	0.06	
2C	Industria de los metales			537.93	537.31	-0.12%	543.02	541.36	-0.31%	570.67	568.28	-0.42%	708.48	708.31	-0.02%	732.03	731.69	-0.05%	636.79
	2C1	Producción de hierro y acero	253.85	253.85	0.00%	196.48	196.48	0.00%	184.53	184.53	0.00%	148.27	150.73	1.66%	150.45	152.99	1.69%	99.56	
	2C3	Producción de aluminio	0.62	NO	-	1.66	NO	-	2.39	NO	-	2.63	NO	-	2.87	NO	-	NO	
	2C5	Producción de plomo	62.44	62.44	0.00%	63.48	63.48	0.00%	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00	
	2C6	Producción de zinc	221.02	221.02	0.00%	281.4	281.40	0.00%	383.75	383.75	0.00%	557.58	557.58	0.00%	578.7	578.70	0.00%	537.22	
TOTAL			2,685.73	2,666.24	-0.73%	3,387.66	3,357.74	-0.88%	4,501.78	4,470.74	-0.69%	5,059.36	5,025.39	-0.67%	6,040.76	5,990.83	-0.83%	5,822.37	

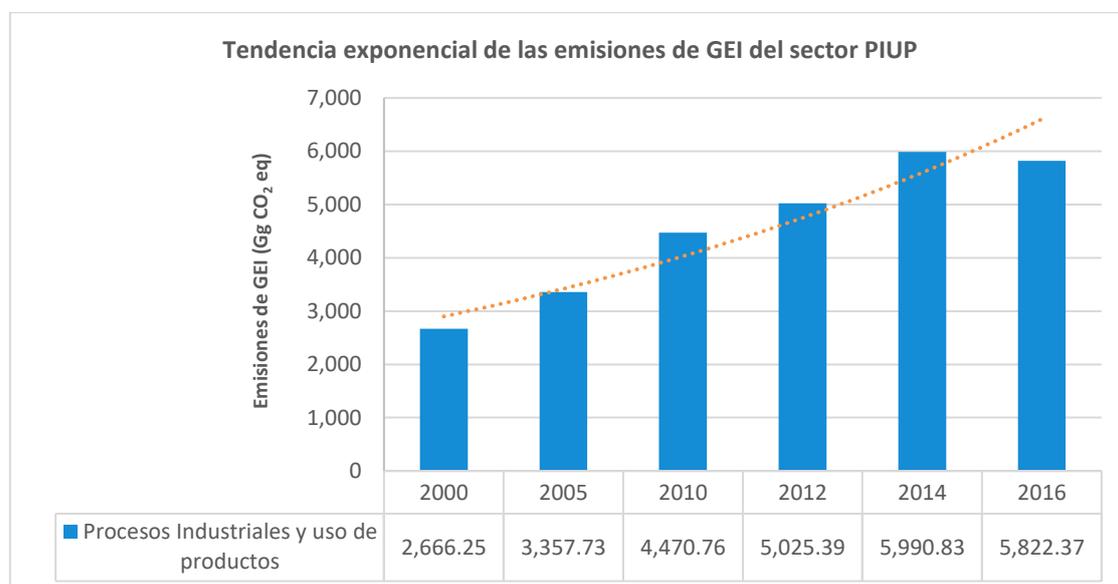
Leyenda: O - Original, A - Actualizado, Δ - Variación con respecto a la estimación original, NO: No Ocurre

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE).

Como se aprecia, para todas las fuentes de emisión de los años 2000, 2005, 2010 y 2012 los resultados de la actualización varían con respecto a las magnitudes originales. Y para el caso del año 2014, las variaciones de magnitud se dan para las fuentes de emisión referidas a la producción de cemento, producción de ceniza de sosa, y producción de hierro y acero, mientras que para los casos de producción de amoníaco y producción de aluminio las emisiones no ocurren. En general, las variaciones se deben al incremento de la exhaustividad por la incorporación de nuevas fuentes de información para datos de empresas y datos nacionales de actividad, así como a la corrección del factor de emisión para la producción de ceniza de sosa para los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. Con la actualización, para el año 2000 las emisiones totales variaron en 3.55 % con respecto a la estimación original; para el año 2005 variaron -4.32 %; para el año 2010 variaron -10.79 %; para el año 2012, -17.12 %; y para el año 2014, -0.83%.

En relación a los resultados de la serie temporal actualizada, a pesar de que las emisiones del año 2016, presentan una ligera disminución del 2.81 %, en relación a los resultados del RAGEI 2014, se puede observar que las emisiones del sector han mantenido una tendencia creciente que se aproxima a un comportamiento exponencial con una variación anual promedio de 6.96 %. Desde el año 2000 al 2016 las emisiones crecieron 118.37%. La Figura 6 muestra la evolución de las emisiones en los años evaluados.

Figura 6. Evolución de las emisiones del sector PIUP en Gg CO₂ eq
(años 2000, 2005, 2010, 2012 2014 y 2016)



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La coherencia de serie temporal se aborda con mayor detalle en las secciones de análisis de resultados de cada subcategoría. Para una mejor comprensión, es útil revisar las tablas de dichas secciones sobre los datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal y las planillas de cálculo de cada año.

5.4 Control de calidad y garantía de calidad

5.4.1. Control de la calidad

En la Tabla 12 se describen los procedimientos generales de control de calidad aplicados en función a lo que establecen las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 12. Procedimientos generales de control de calidad

Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
Verificar que las hipótesis y los criterios para la selección de datos de la actividad, factores de emisión y otros parámetros de estimación queden documentados.	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 la misma esté registrada y archivada correctamente	Realizado por la DGAAMI.
Controlar la existencia de errores de transcripción en la entrada de datos y referencias.	Confirmar que las referencias bibliográficas estén citadas correctamente en la documentación interna.	Realizado por la DGAAMI.
	Efectuar la verificación cruzada de una muestra de datos de entrada de cada categoría (mediciones o parámetros utilizados en los cálculos) para detectar errores de transcripción.	Realizado por la DGAAMI.
Verificar que las emisiones y absorciones se calculen correctamente.	Reproducir un conjunto de cálculos de emisiones y absorciones.	Realizado por la DGAAMI.
	Utilizar un método de aproximación simple que arroje resultados similares a los de los cálculos originales y más complejo, para garantizar que no haya errores en la entrada de datos ni en el cálculo.	No realizado.
Controlar que se registren correctamente los parámetros y las unidades y que se utilicen los factores de conversión adecuados.	Controlar que las unidades estén identificadas correctamente en las planillas de cálculos.	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar que se mantengan correctamente las unidades, desde el comienzo hasta el final del cálculo.	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar que los factores de conversión sean correctos.	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar que se usen correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.	Realizado por la DGAAMI.
Comprobar la integridad de los archivos de la base de datos.	Examinar la documentación intrínseca incluida para: <ul style="list-style-type: none"> - confirmar que los pasos para el procesamiento de la información se encuentren bien representados en la base de datos. - confirmar que las relaciones de los datos se encuentren representadas en la base de datos. - garantizar que los campos de datos estén identificados y contengan las especificaciones de diseño correctas. 	Realizado por la DGAAMI.

Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
	- garantizar que se archive la documentación adecuada de la estructura y el funcionamiento de la base de datos y del modelo.	
Comprobar la coherencia de los datos entre las diferentes categorías.	Identificar parámetros comunes a muchas categorías (p. ej. datos de la actividad y constantes) y confirmar que haya coherencia en los valores usados para estos parámetros en los cálculos de emisión/absorción.	Realizado por la DGAAMI.
Verificar que el movimiento de los datos del reporte a través de los pasos del procesamiento sea correcto.	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.	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar que se transcriban correctamente los datos de emisiones y absorciones entre los diferentes productos intermedios.	Realizado por la DGAAMI.
Corroborar que se estimen y calculen correctamente las incertidumbres de las emisiones y absorciones.	Controlar que los antecedentes de quienes proporcionan el dictamen de expertos para las estimaciones de incertidumbres sean adecuados.	No se realizó. No aplica porque no se hizo dictamen de expertos en el análisis de incertidumbre.
	Comprobar que se registren los antecedentes, las hipótesis y los dictámenes de expertos.	No aplica porque no se hizo dictamen de expertos en el análisis de incertidumbre.
	Comprobar que las incertidumbres calculadas estén completas y hayan sido calculadas correctamente.	Realizado por la DGAAMI.
	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).	No se realizó.
Controlar la coherencia de la serie temporal.	Controlar la coherencia temporal de los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Realizado por la DGAAMI.
	Verificar la coherencia del algoritmo/método utilizado para los cálculos a través de la serie temporal.	Realizado por la DGAAMI.
	Verificar los cambios metodológicos y de datos que producen nuevos cálculos.	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar que los efectos de las actividades de mitigación queden reflejados correctamente en los cálculos de la serie temporal.	No se pudo realizar debido a que las empresas, no han registrado aún iniciativas de mitigación. Por lo cual, no existen aún Sistemas de Monitoreo Reporte y Verificación (MRV) implementados.
Controlar la exhaustividad	Confirmar que se declaren las estimaciones para todas las categorías y para todos los años, a partir del año de	Realizado por la DGAAMI (Se realizó a la medida de lo posible para

Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
	base correspondiente, hasta el período del inventario actual.	subcategorías seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de recursos y las prioridades del sector)
	Para las subcategorías, confirmar que quede cubierta la categoría en su totalidad.	Realizado por la DGAAMI. (Se realizó a la medida de lo posible para subcategorías seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de recurso y las prioridades del sector)
	Proporcionar una definición clara de «Otro» tipo de categorías.	No se realizó. No aplica porque no se abordaron fuentes de emisión en “otros”.
	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»)	Realizado por la DGAAMI.
Controles de tendencia	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.	Realizado por la DGAAMI.
	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 realizó.
	Verificar si se advierten tendencias inusuales e inexplicadas para los datos de la actividad u otros parámetros en la serie temporal.	No se realizó.
Revisión y archivo de la documentación interna.	Comprobar que exista documentación interna detallada que respalde las emisiones y permita la reproducción de las estimaciones de emisión, absorción e incertidumbre.	Realizado por la DGAAMI.
	Comprobar que los datos del reporte, los datos de respaldo y los registros del reporte se archiven y guarden para facilitar la revisión detallada	Realizado por la DGAAMI.

Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
	Controlar que el archivo esté cerrado y conservado en un sitio seguro, una vez finalizado el reporte	Realizado por la DGAAMI.
	Controlar la integridad de los arreglos para el archivo de datos de los organismos externos participantes en la elaboración del reporte.	Realizado por la DGAAMI.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a GL20006, Volumen 1, Capítulo 6, Cuadro 6.1, pp. 6.10 y 6.11

Además de los procedimientos ya mencionados, para el RAGEI 2016 se realizaron procedimientos generales adicionales de control de calidad. En la Tabla 13 que se presenta a continuación, se mencionan dichos procedimientos.

Tabla 13. Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2016

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
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 de incertidumbre.	Para la producción de cemento (2A1) se adaptó el factor de emisión por defecto utilizando los datos nacionales de contenido de CaO en el clínker, y el resultado promedio es muy cercano al valor por defecto, esto se actualizó en todos los años de la serie. En lo que corresponde a la producción de vidrio se adecuó la fracción de material reciclado en función a datos conocidos, en lugar de usar el valor por defecto. El valor obtenido fue de 0.35, el cual resulta cercano a lo que indica el IPCC para los países en desarrollo (de 0.4 a 0.6) donde la recuperación de objetos de vidrio en menso difundida.
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 realizó este procedimiento.
Control de calidad de la elaboración de factores de emisión nacionales	
Si 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.	No se realizó este procedimiento.
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.	Se incluye en las planillas de cálculo los procedimientos y fórmulas que se aplica a la información original y se agregan notas descriptivas complementarias sobre las conversiones.
Analizar si los datos fueron sometidos a la revisión de los pares y registrar el alcance de dicha revisión.	Se compartieron los avances de los cálculos con el MINAM.
Investigar la existencia de posibles conflictos de interés.	No se realizó este procedimiento.
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.	En el caso de la producción de cemento (2A1) el factor de emisión calculado es muy cercano al valor por defecto del IPCC.

Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por PRODUCE
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 realizó este procedimiento.
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 realizó este procedimiento.
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 control de calidad de datos y se archivaron los documentos de verificación de los datos nacionales y factores de conversión.
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).	No se realizó este procedimiento.
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.	No se realizó este procedimiento.
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.	No se realizó este procedimiento.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE) en base a recomendaciones del IPCC

Asimismo, para cada subcategoría se aplicaron procedimientos de control de calidad específicos que serán descritos más adelante en las secciones correspondientes.

En general, los datos de actividad provienen de dos tipos de fuentes de información: (a) estadísticas nacionales administradas por entidades gubernamentales o (b) datos de plantas administrados por empresas privadas. En ambos casos, aunque no se han verificado sus procedimientos de medición, por ser información proveída oficialmente y/o publicada se han considerado confiables.

Asimismo, considerando que en el marco del RAGEI 2014 se realizó la identificación de acciones de mejora del control de la calidad para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial, las cuales se presentaron en una tabla, en el presente RAGEI 2016, se ha incluido dicha tabla actualizando aquellas mejoras que ya han sido implementadas. En la Tabla 14 se puede apreciar dicha actualización, en la cual se indica el nivel de avance de las mismas a la fecha.

Tabla 14. Acciones de mejora planificadas de control de calidad para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial

N°	Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	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
1	Verificar que las emisiones y absorciones se calculen correctamente.	Utilizar un método de aproximación simple que arroje resultados similares al del cálculo original y más complejo, para garantizar que no haya errores en la entrada de datos ni en el cálculo.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplicaría solo cuando se obtenga información alternativa suficiente)
2	Corroborar que se estimen y calculen correctamente las incertidumbres de las emisiones y absorciones.	Controlar que los antecedentes de quienes proporcionan el dictamen de expertos para las estimaciones de incertidumbres sean adecuados.	Mejora la exactitud y la exhaustividad	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo (se aplicaría solo si se realiza dictamen de expertos)
		Comprobar que se registren los antecedentes, las hipótesis y los dictámenes de expertos.	Mejora la exactitud, la exhaustividad, la transparencia y la comparabilidad	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplicaría solo si se realiza dictamen de expertos)
		Comprobar que las incertidumbres calculadas estén completas y hayan sido calculadas correctamente.	Mejora la exactitud y la exhaustividad	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplicaría solo si se realiza dictamen de expertos)
		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).	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo (se aplicaría solo si se realiza dictamen de expertos)
3	Controlar la coherencia de la serie temporal.	Controlar que los efectos de las actividades de mitigación queden reflejados correctamente en los cálculos de la serie temporal.	Mejora la exactitud y la coherencia	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplicaría solo si se cuenta con información para el procedimiento)

N°	Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	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
4	Controlar la exhaustividad.	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para las subcategorías, confirmar que quede cubierta la categoría en su totalidad. - Proporcionar una definición clara de «Otro» tipo de categorías. - 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»). 	Mejora la exactitud, la exhaustividad, la coherencia y la comparabilidad	Se ha implementado parcialmente a la medida de las prioridades nacionales y recursos disponibles.	Mediano plazo (se aplicaría progresivamente a la medida de las prioridades nacionales y recursos disponibles)
5	Control de calidad de los factores de emisión por defecto	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).	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplicaría solo si se cuenta con información suficiente)
6	Control de calidad de la elaboración de factores de emisión nacionales	Si 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 Control de Calidad adecuados.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo (se aplicaría solo si los factores de emisión se basan en ensayos)
		Investigar la existencia de posibles conflictos de interés.	Mejora la transparencia	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo

N°	Título del procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	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
		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	Mejora la exactitud y la comparabilidad	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo
		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).	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo (se aplazaría solo si se cuenta con información suficiente)
7	Control de calidad de datos de actividad a un nivel nacional	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	Mejora la exactitud y la comparabilidad	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo (se aplazaría solo si se cuenta con información suficiente)
		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.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo (se aplazaría solo si se cuenta con información suficiente)
		Controlar la 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.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a GL20006, Volumen 1, Capítulo 6, Cuadro 6.1, pp. 6.10 y 6.11

5.4.2. Garantía de la calidad

En esta sección se presentan algunos de los comentarios realizados por la EPA a partir de la revisión del INGEI 2014 - sector Procesos Industriales y Uso de Productos. A continuación, se presentan los comentarios realizados y las acciones que fueron implementadas para el RAGEI-PIUP 2016:

- **Comentario 1: Sobre la Transparencia:**

- Mejoras pasadas y futuras, ambas son presentadas de una manera muy transparente. En la metodología, el informe presenta un resumen sobre acciones de mejora implementadas para la presentación del inventario GEI actual. Esto incluye el potencial de mejora identificado por el equipo del inventario, así como las recomendaciones obtenidas en el proceso internacional de análisis y consulta (ICA, por sus siglas en inglés) del primer informe bienal de actualización (BUR, por sus siglas en inglés) del Perú. Este capítulo también presenta mejoras. Una manera más detallada describiendo estas mejoras se presenta en cada subcategoría por fuente.

Acción tomada: Se actualizaron las acciones ya realizadas, así como aquellas planificadas para futuros inventarios.

- **Comentario 2: sobre el análisis de categorías principales:**

- Se ha realizado un análisis de categorías principales para el capítulo del sector de procesos industriales y uso de productos. Sin embargo, este capítulo no hace referencia si una fuente es una categoría principal o no. Se podría incrementar la transparencia presentando de manera breve un resumen de las categorías principales al comienzo del capítulo PIUP o en otra parte del RAGEI y que el capítulo de PIUP haga referencia a la sección correspondiente.

Acción tomada: Este análisis es realizado a nivel de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero por parte del MINAM.

- **Comentario 3: sobre la calidad de los datos:**

- Se reportan enfoques de control de calidad (CC) según las directrices 2006 del IPCC que hayan sido aplicados, así como también aquellos que no hayan sido aplicados; estos se presentan de manera transparente para cada categoría fuente. Cuando un enfoque CC sugerido por las directrices 2006 del IPCC no haya sido utilizado, se debe incluir una justificación clara.

Acción tomada: Se procuró incluir en la mayor parte de casos.

- **Comentario 4: sobre la exhaustividad:**

- No se han reportado emisiones GEI para varias categorías de fuentes debido a la falta de datos. Estas emisiones para la producción de cerámica que no sea la producción de ladrillos y HFCs de la producción primaria de aluminio. Se presentan de manera transparente los motivos por los cuales estas categorías no fueron incluidas, y de

igual manera puntos necesarios de mejora para incrementar la exhaustividad en el tiempo. No se presenta esta justificación para otras categorías de fuentes como por ejemplo 2D productos no energéticos uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente.

Acción tomada: Se incluyeron las justificaciones requeridas para los casos de 2D productos no energéticos uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente

- **Comentario 5: sobre la comparabilidad:**

- Las directrices 2006 del IPCC han sido aplicadas de manera consistente y correcta.

Acción tomada: Se ha mantenido la consistencia en la aplicación de las directrices 2006 del IPCC.

- **Comentario 7: sobre la coherencia en series temporales:**

- Se presentan datos para los años 2000, 2005, 2012, y 2014. En un número de casos, solamente hay datos de actividad para el año 2014 y se han utilizado enfoques para llenar brechas con el fin de generar datos para los años restantes. Cuando este sea el caso, los enfoques utilizados para llenar brechas de datos deben ser presentados de manera transparente. Los enfoques utilizados son apropiados y bien pensados, haciendo un buen uso de los datos disponibles. Cuando se utilice un método para llenar brechas de datos, la necesidad de mejorar datos históricos está claramente reportada y se presentan pasos de mejora en secciones respectivas a través del informe.

Acción tomada: Se ha explicado más detalladamente en el archivo excel, aquellos casos en que se empleó el método de llenado de brechas de información.

- **Comentario 8: sobre la mejora continua:**

- Se presentan pasos apropiados de mejora para cada categoría fuente.

Acción tomada: Se describieron aquellas mejoras implementadas para el presente inventario.

Tabla 15. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad del sector PIUP

N°	Categoría del IPCC	Potencial de mejora/ Requerimiento de creación de capacidades hallados en el RAGEI 2014	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
1	Mejora continua	Mejoras metodológicas planeadas son presentadas en las tablas 4 y 6 del capítulo 3, indicando que Perú tiene la intención de utilizar un Nivel 3 en la estimación de emisiones CO ₂ derivadas de la producción de cemento. Motivamos a que se enfoquen los recursos en mejorar primero la exhaustividad y después mejorar la coherencia de series temporales, y entonces después mejorar la exactitud de las fuentes que ya han sido estimadas con un Nivel 2.	Para el RAGEI PIUP 2016, se obtuvo nueva información de plantas productoras de cemento, lo cual permitió actualizar la estimación de emisiones de la 2A1 Producción de cemento para los años 2010, 2012 y 2014.
2	Transparencia	Para poder incrementar la transparencia, se podría incluir una descripción general de cada categoría de fuentes. Por ejemplo, número de instalaciones y si las instalaciones comenzaron y terminaron operaciones en el periodo cubierto, y tecnologías principales que se utilizaron. Esto puede hacerse sin tener que vulnerar la confidencialidad.	En el RAGEI 2016 se describen las tecnologías y número de plantas correspondientes a la subcategoría 2C1 Producción de hierro y acero.
3	Transparencia / Análisis de categorías principales	La transparencia se puede incrementar presentando brevemente un resumen de categorías principales al comienzo del capítulo de PIUP, o en alguna otra parte del RAGEI y que se haga una referencia en el capítulo de PIUP.	En el RAGEI PIUP 2016, en la descripción del método de cálculo de cada subcategoría, se indica si esta corresponde o no a una categoría principal.
4	Evaluación de incertidumbre Consideración de factores relevantes	Perú presenta cálculos exhaustivos de la incertidumbre de los datos de actividad y factores de emisión basados en las recomendaciones de las directrices 2006 del IPCC. Estas no están ponderadas con respecto a la relevancia de los factores en las emisiones GEI totales por categorías de fuentes.	Se ha de evaluar la inclusión de esta ponderación en futuros inventarios.

N°	Categoría del IPCC	Potencial de mejora/ Requerimiento de creación de capacidades hallados en el RAGEI 2014	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
5	General	Este reporte presenta una gran cantidad de tablas. En algunos casos, 2-3 tablas podrían estar integradas en una sola para reducir el tamaño del reporte.	En el RAGEI PIUP 2016, para cada subcategoría se incluyó en una sola tabla la información que en el RAGEI 2014 se encontraba en dos tablas separadas: i) Descripción del nivel de actividad utilizado y ii) valores de los datos nacionales utilizados.
6	2.A.1 – Producción de cemento Factores de emisión	El título de la Tabla 23 en la sección 5.1.1.3 indica que presenta los factores de emisión específicos a nivel país de Perú, así como los factores por defecto de las directrices 2006 del IPCC, pero dentro de la tabla, ambos están enlistados como el mismo factor de emisión “Factor de emisión calculado de CO2 para la producción de Clinker (con corrección de CKD)”. Sin embargo, los valores reportados para estos factores de emisión no son los mismos. Revisar y corregir los nombres de los factores de emisión presentados en la tabla.	Para el RAGEI PIUP 2016, se realizó la corrección indicada diferenciando el valor del factor de emisión calculado del valor por defecto.
7	2.A.1 – Producción de cemento GC/CC	Abajo de la Tabla 27, el informe afirma que no se implementaron ningún enfoque de gestión de calidad en la entrega del inventario GEI actual. Sin embargo, la Tabla 27 describe enfoques de GC/CC implementados. Este también es el caso para otras categorías fuentes, por ejemplo 2.A.2 y 2.A.3. Clarificar a qué se refiere y/o ajustar el texto.	Para el RAGEI PIUP 2016 se retiró dicho párrafo y se incluyó además una sección de garantía de la calidad para todas las subcategorías.
8	2.A.4.b – Otros usos de la ceniza de sosa Datos de actividad	El consumo de ceniza de sosa para otros usos fue calculado considerando importaciones, exportaciones, producción y consumo para la producción de vidrio. Para los años 2000 y 2005 el resultado se reporta como 0. Un resultado tan preciso indica que se debería hacer una evaluación más a fondo.	Se ha de evaluar la incorporación de una evaluación más exhaustiva en futuros inventarios.

N°	Categoría del IPCC	Potencial de mejora/ Requerimiento de creación de capacidades hallados en el RAGEI 2014	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
9	<p>2.A.4a – Cerámicas</p> <p>Datos de actividad</p>	<p>La página 109 afirma que los datos de actividad se obtuvieron de diferentes fuentes para los años 2000/2005/2010 y 2012/2014. Mientras que en ambos casos la información fue obtenida por el Ministerio de Producción. Para 2012 y 2014 el “Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015” fue utilizado para otros años de las “Series Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática”.</p> <p>Revisar si las definiciones y los datos colectados son los mismos en ambas publicaciones. Cuando esto no sea el caso, ajustar los datos de actividad según corresponda.</p>	<p>Tanto en el RAGEI PIUP 2014 como en el RAGEI PIUP 2016, los datos de las publicaciones empleadas corresponden a la cantidad de unidades de ladrillo producidas para los años correspondientes.</p>
10	<p>2.B.2 – Producción de ácido nítrico</p> <p>Datos de actividad</p>	<p>Los datos de actividad para los años 2000 y 2005 fueron calculados extrapolando los datos de los años 2010-2014 ya que no existían datos disponibles de importación o exportación. Esto lleva a una reducción sucesiva en las emisiones sobre el tiempo. En la industria química, son más comunes los cambios graduales. Mientras que el enfoque utilizado reduce cualquier subestimación de emisiones, puede también sobreestimar emisiones ¿Sería entonces probable que no existió alguna operación en esos años en cuestión?</p> <p>El RAGEI ya prevé el conseguir más información para la próxima entrega del inventario GEI. Por lo tanto, mientras se está haciendo esto, podrían revisarse los datos sobre las capacidades de planta y el comienzo de operaciones.</p>	<p>Se ha de evaluar, la posibilidad de obtener datos de planta para los próximos RAGEI así como la verificación de la producción de los años 2010 y 2014.</p>
11	<p>2.B.7- Producción de ceniza de sosa</p> <p>Factor de emisión</p>	<p>La página 150 del RAGEI indica un factor de emisión por defecto de 0.97 t CO₂/t por ceniza de sosa producida, en línea con las directrices 2006 del IPCC. Las hojas de cálculo de Excel utilizan factor de emisión diferente con un valor de 1.138.</p> <p>Revisar factores de emisión GEI utilizados.</p>	<p>Para el RAGEI PIUP 2016, se realizó la corrección correspondiente, siendo que el valor del factor de emisión para la ceniza de sosa es de 0.138 t de CO₂/t ceniza de sosa natural producida, según las Directrices del IPCC de 2006.</p>

6. RESULTADOS POR CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS

6.1 Categoría 2A: Industria de los minerales

6.1.1 Subcategoría 2A1: Producción de cemento

La subcategoría 2A1, se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cemento (IPCC, 2006)⁹. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría.

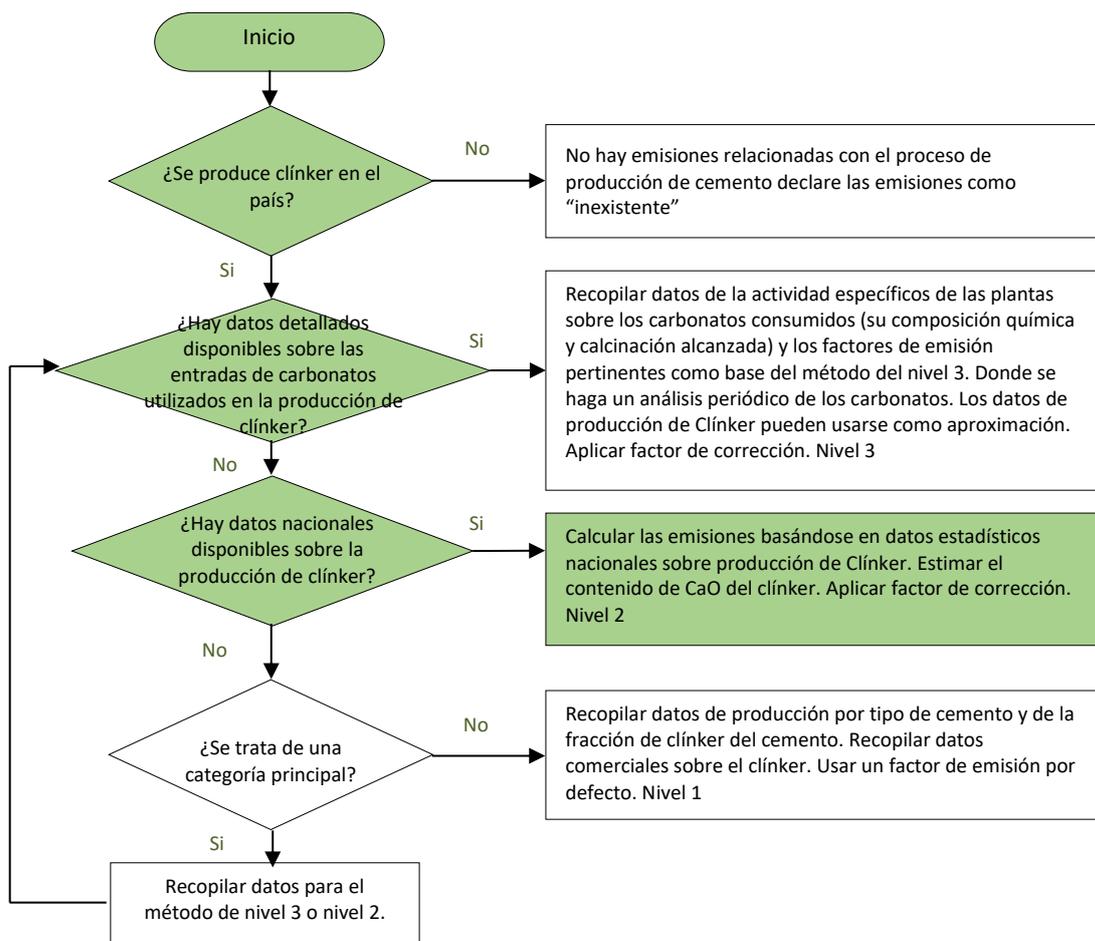
El CO₂ se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio constituido de gránulos o pequeñas bolas, que luego se somete a una molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso o anhidruro], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO₃), para producir cal (CaO) y CO₂ como productos derivados. El CaO reacciona entonces con la sílice (SiO₂), la alúmina (Al₂O₃), y el óxido de hierro (Fe₂O₃) presentes en las materias primas, para formar minerales de clínker (principalmente silicatos de calcio).

6.1.1.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 2 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 7.

⁹ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 7. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Cemento



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 2, Capítulo 2, p. 2.10

A nivel nacional no existen datos disponibles sobre entradas de carbonatos utilizados en la producción de clínker. Considerando que es una categoría principal, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI, datos de producción de clínker y de contenido de óxido de calcio en el clínker. De acuerdo al árbol de decisión, se realizó la recopilación de información que permite la aplicación del nivel 2 de cálculo, descrito en la Tabla 16.

Tabla 16. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Cemento

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2A1	Producción de cemento	Masa de clínker producido, toneladas	Producción de clínker	2
			Contenido de óxido de calcio en el clínker	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Si bien, esta subcategoría es la más representativa del sector PIUP, se ha mantenido la estimación en el nivel 2, con respecto al RAGEI 2014, a razón de que se priorizó el fortalecimiento de capacidades en el empleo de la metodología de este nivel. Además, porque el nivel 3 implica recopilar información de planta sobre todas las entradas de material carbonatado (tipos, composiciones y cantidades) y balances de masa rigurosos, y por tanto

requiere un mayor esfuerzo de las empresas que reportan. También se consideró que la colaboración de dichas empresas es voluntaria y por todo lo anteriormente se optó por mantener el nivel 2.

La Ecuación describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 2.

Ecuación 2.2. Emisiones de CO₂, Nivel 2 - Subcategoría Producción de Cemento

NIVEL 2: EMISIONES BASADAS EN LOS DATOS SOBRE PRODUCCIÓN DE CLÍNKER

Emisiones de CO₂ = M_{cl} x EF_{cl} x CF_{ckd}

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cemento, toneladas

M_{cl} = peso (masa) de clínker¹⁰ producido, toneladas.

EF_{cl} = factor de emisión para el clínker, toneladas de CO₂/toneladas de clínker.

CF_{ckd} = factor corrector de las emisiones para el polvo de horno de cemento (CKD, por sus siglas en inglés), sin dimensión.

Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.10. Ecuación 2.2

Las emisiones se estiman con la Ecuación adaptada para considerar el factor de emisión con corrección de CKD.

Ecuación 2.2. Emisiones de CO₂, Nivel 2 (ecuación adaptada) - Subcategoría Producción de Cemento

NIVEL 2: EMISIONES BASADAS EN LOS DATOS SOBRE PRODUCCIÓN DE CLÍNKER

Emisiones de CO₂ =

M_{cl} x Factor de emisión de CO₂ para la producción de clínker (con corrección CKD)

Donde:

M_{cl} = peso (masa) de clínker producido, toneladas

Fuente: Adaptado de Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.10. Ecuación 2.2

Como buena práctica sugerida por Directrices del IPPC de 2006, no se considera el proceso de carbonización por el cual la cal libre (CaO) reabsorbe CO₂ atmosférico.

6.1.1.2 Datos de actividad

La información referida a los datos de actividad, fue proporcionada por las propias empresas productoras de clínker del país. Para solicitar la información requerida, se realizó previamente la identificación de las empresas, a partir de la lista de plantas cementeras que producen clínker del RAGEI 2014¹¹. Sobre dicha lista, se indagó con la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) del PRODUCE respecto a nuevos proyectos que hubieran entrado en operación en los años posteriores al 2014, añadiéndose una nueva planta para el presente RAGEI.

¹⁰ En las Directrices del IPPC de 2006 dice cal en lugar de clínker, pero se refiere a este último, por lo que se corrige para una mejor comprensión.

¹¹ Cuya fuente de información fue la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria - SUNAT. (2015). *Directorio de empresas 2015 de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes)*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria.

Se calcula que las empresas de cemento consideradas para la estimación en el RAGEI, representan más del 98 % de las ventas del año 2015 que registra la SUNAT, para la fabricación de cemento, cal y yeso (CIIU 2694 de la tercera revisión)¹².

Para el caso de la masa de clínker producido (M_{cl}), se obtuvo de la sumatoria de las producciones de clínker de las empresas comprendidas. El valor resultante es igual a 8,100,540.65 toneladas de clínker producido en el año 2016. Asimismo, las empresas también reportaron el contenido de óxido de calcio en el clínker, por lo que se calculó un promedio nacional ponderado de acuerdo a las producciones de cada empresa, dando un resultado de 65.14 % de óxido de calcio en el clínker¹³ (ver Tabla 17). Este porcentaje se utiliza para adaptar el factor de emisión por defecto como se describe en la Ecuación (adaptada).

Cabe indicar que, el reporte de las empresas se mantiene en confidencialidad y forma parte de los archivos del RAGEI 2016 con el nombre “Fuentes de información RAGEI PIUP 2016”.

Tabla 17. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Cemento

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2A1	Producción de cemento	Masa de clínker producido (M _{cl})	Producción de clínker	8,100,540.65	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
			Contenido de óxido de calcio en el clínker	65.14	porcentaje (%)	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.1.3 Factores de emisión y conversión

Para el RAGEI 2016, el factor de emisión utilizado fue calculado considerando el dato nacional de contenido de óxido de calcio en el clínker¹⁴, corrigiéndolo para considerar las emisiones de polvo de horno de cemento. Este cálculo se resume en la siguiente ecuación.

¹² La fuente es: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2015). *Directorio de empresas 2015 de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes)*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

¹³ El valor por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 es de 65 %.

¹⁴ Si bien la diferencia entre el dato calculado y el por defecto es mínima (0.01%), es importante mantener la metodología ya que se aplica en la actualización de toda la serie de tiempo, y en algunos casos la diferencia puede ser más significativa.

Ecuación de factor de emisión de CO₂ calculado para la producción de clínker¹⁵, Nivel 2 - Subcategoría Producción de Cemento

$$\text{Factor de emisión calculado de CO}_2 \text{ para la producción de clínker (con corrección CKD) = } \frac{\text{Participación del CaO en los productos de la calcinación del CaCO}_3}{\text{Participación del CO}_2 \text{ en los productos de la calcinación del CaCO}_3} \times (\text{Contenido de CaO en el clínker}) \times \text{CF}_{\text{ckd}}$$

Donde:

Participación del CaO en los productos de la calcinación del CaCO₃, valor por defecto = 43.97% (porcentaje en peso)

Participación del CO₂ en los productos de la calcinación del CaCO₃, valor por defecto = 56.03% (porcentaje en peso)

CF_{ckd} = factor corrector de las emisiones para el polvo de horno de cemento, valor por defecto = 1.02

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.13.

Como resultado de la aplicación de dicha ecuación, se obtiene un factor de emisión de CO₂ para la producción de clínker (con corrección de CKD) igual a 0.5214 toneladas de CO₂ / toneladas de clínker producido. El valor por defecto del factor de emisión del CO₂ para la producción de Clinker es 0.5203 toneladas de CO₂ / toneladas de clínker; la diferencia entre ambos no es significativa.

En la Tabla 18 se muestra el factor de emisión calculado y la información utilizada en dicho cálculo.

Tabla 18. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Cemento

Dato	Valor	Unidad	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión de CO ₂ para la producción de clínker	0.5214	toneladas de CO ₂ / toneladas de clínker producido	C	Resultado del cálculo de la Ecuación de "Factor de emisión de CO ₂ calculado para la producción de clínker , Nivel 2 - Subcategoría Producción de Cemento". Fuente: Planilla de cálculo RAGEI PIUP 2016, pestaña FE 2A1.
Participación del CO ₂ en los productos de la calcinación del CaCO ₃	56.03	porcentaje (%)	D	Proporción en peso de la participación de CO ₂ en los productos resultantes (CO ₂ y CaO) de la calcinación de CaCO ₃ . Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.13
Participación del CaO en los productos de la calcinación del CaCO ₃	43.97	porcentaje (%)	D	Proporción en peso de la participación de CaO en los productos resultantes (CO ₂ y CaO) de la calcinación de CaCO ₃ . Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.13
Factor corrector de emisiones para el polvo de horno	1.02	Adimensional (relación)	D	Aplica a nivel 2 como valor por defecto, al desconocerse la cantidad de polvo de clínker no considerado en la masa total.

¹⁵ El factor de emisión calculado considera la corrección de las emisiones de polvo de horno de cemento como se puede deducir de la ecuación de "Factor de emisión de CO₂ calculado para la producción de clínker , Nivel 2 - Subcategoría Producción de Cemento".

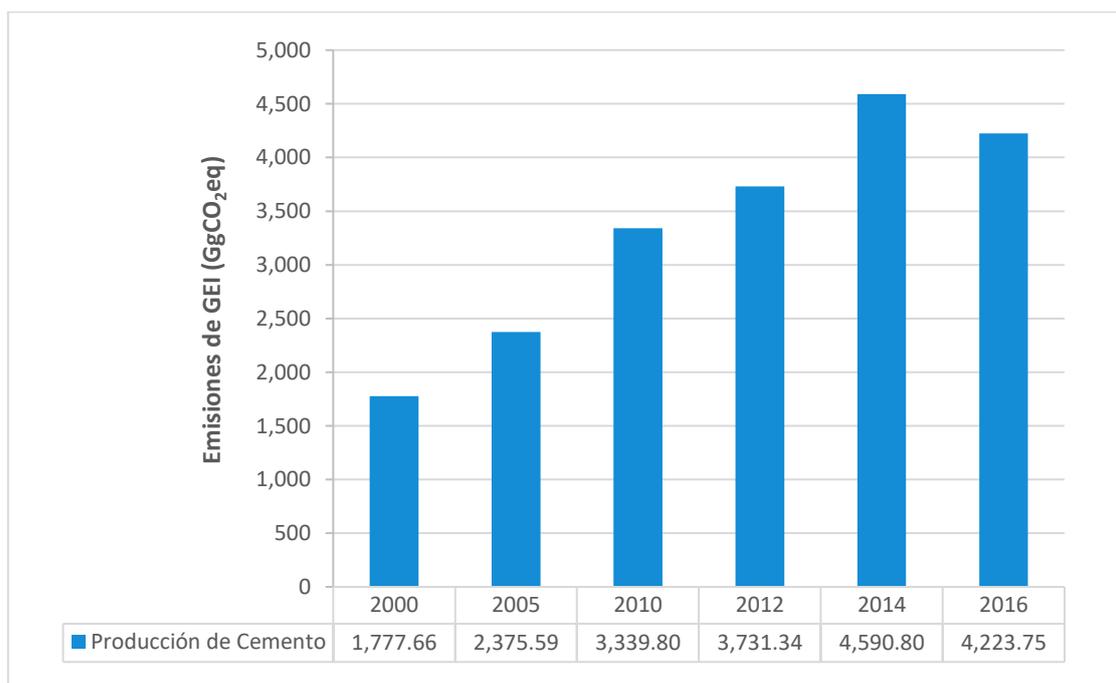
				Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 2.13
Contenido de óxido de calcio en el clínker – promedio nacional	65.14	porcentaje (%)	C	Aplica el factor de emisión de CO ₂ del clínker, es necesario conocerlo para adaptar el factor de emisión por defecto. Fuente: Directrices del IPPC de 2006 Vol. 3, p. 2.13

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.1.4 Análisis de resultados de la subcategoría

Las emisiones estimadas de CO₂ de la producción de cemento alcanzan el valor de 4,223.75 Gg de CO₂ para el año 2016. Se aprecia una disminución de 8.00 % en relación al año 2014. Como se aprecia en la Figura 8, para el año 2016, la tendencia ascendente que se dio desde al año 2000 hasta el 2014 cambia. Esto, se debe a que para dicho año la producción de clínker decreció en un 8.20% respecto al año 2014, lo cual se refleja en la magnitud de las emisiones de CO₂.

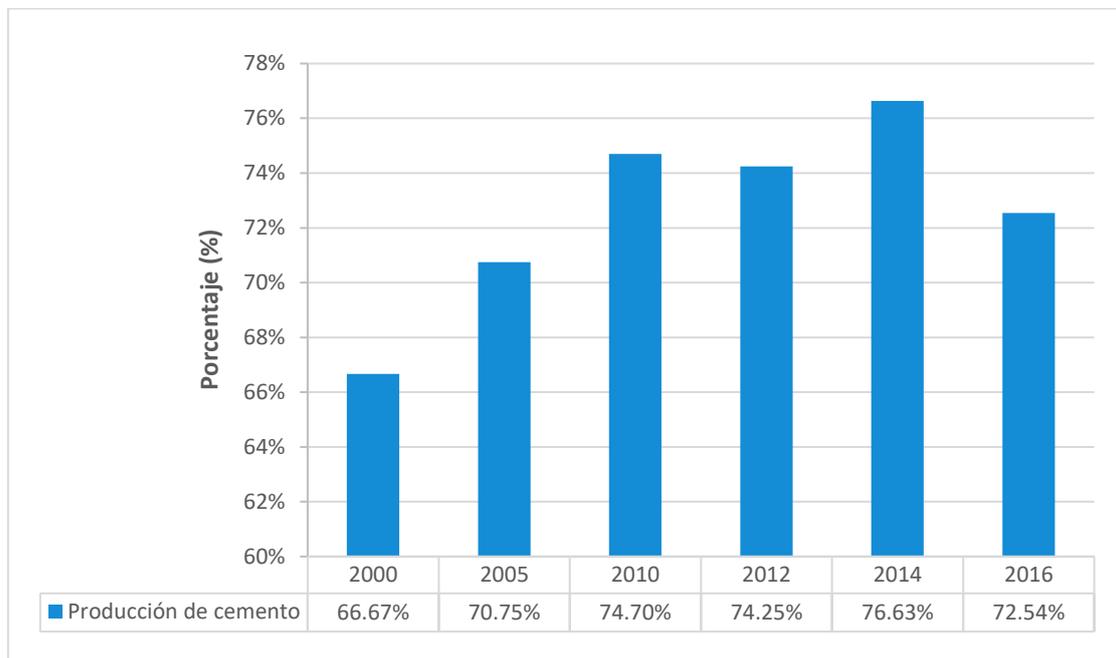
Figura 8. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cemento



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de cemento es la más importante del sector PIUP siendo la de mayor participación en las emisiones del sector en todos los años evaluados. La participación en las emisiones del sector ascendió de 66.67 % en el año 2000 a 72.54 % en el 2016.

Figura 9. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cemento



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.1.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006¹⁶. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000¹⁷ (ver Ecuación). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión por defecto se le atribuye una incertidumbre de $\pm 58.39\%$ asociada a las hipótesis de Nivel 2 que aplican a la estimación realizada las cuales se señalan en la Tabla 19.

Tabla 19. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Cemento

Incertidumbre	Descripción	Nivel
Análisis químico/Composición		
1-2%	Análisis químico del clínker para determinar el CaO	2
1-3%	Hipótesis de que el 100% del CaO proviene del CaCO ₃ (la incertidumbre es mayor si se utilizan escorias o cenizas volantes que no se contabilizan)	2
1%	Hipótesis de un 100% de calcinación del carbonato destinado a formar el clínker	2, 3

¹⁶ Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, pp. 2.19-2.20

¹⁷ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

Incertidumbre	Descripción	Nivel
CKD		
25-35%	Hipótesis por defecto de que las emisiones del CKD corresponden a un 2% de las emisiones relacionadas con la producción del clínker. Esta incertidumbre presupone que un 33% a un 50% del clínker no se recicla. En ausencia de reciclado o si el porcentaje de calcinación excede significativamente el 50%, la incertidumbre puede llegar a un 50% o más.	No específica
1%	Hipótesis de que los componentes originales del CKD son los de la mezcla cruda	2, 3
1%	Hipótesis de que todos los carbonatos (calcinados o restantes) en el CKD son CaCO ₃	2, 3
20-80%	Hipótesis de un 100% de calcinación para el CKD	2, 3

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.5, pp. 2.19-2.20

Al dato de actividad se le ha asignado una incertidumbre igual a ± 1.5 % que es el valor medio del rango de incertidumbres de la hipótesis que supone una declaración completa en el pesaje o cálculo de la producción de clínker tal como se describe en Tabla 20.

Tabla 20. Hipótesis y valor de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Cemento

Incertidumbre	Descripción	Nivel
Datos de producción		
1-2%	Pesaje o cálculo de la producción de clínker; supone una declaración completa	2

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.5, pp. 2.19-2.20

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a ± 58.41 %, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a ± 2.00% (ver Tabla 21).

Tabla 21. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Cemento

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR						
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A Categoría del IPCC	B Gas	E Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	F Incertidumbre en el factor de emisión	G Incertidumbre combinada	M Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %
2	Procesos Industriales y uso de productos					
2A	Industria de los minerales					
2A1	Producción de Cemento	CO ₂	1.50%	58.39%	± 58.41%	± 2.00%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas "Incertidumbre – resultados" e "Incertidumbre –

valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.1.1.6 Actualización de la serie temporal

Los resultados históricos presentados en el numeral 6.1.1.4 se obtuvieron a partir de la actualización de los años 2010, 2012 y 2014, para lo cual se solicitó aquella información que no fue reportada por una de las empresas identificadas en el marco del RAGEI 2014. Obteniendo así, información a partir de los propios generadores para la totalidad de las fuentes identificadas. Esta nueva información, reemplazó a aquella que para el RAGEI 2014 se estimó a partir de memorias anuales y fue procesada siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente para el año 2016 y que no presenta variaciones respecto al RAGEI 2014. Los valores correspondientes a los años 2000 y 2005 se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014. Los valores de los datos nacionales utilizados en la actualización de la serie temporal y sus fuentes de información se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Cemento

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de clínker	8,823,831.09	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad de las empresas – DIGAMI (PRODUCE 2017).
Contenido de CaO promedio del clínker producido	65.00	porcentaje (%)	
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de clínker	7,172,261.59	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad de las empresas – DIGAMI (PRODUCE 2017).
Contenido de CaO promedio del clínker producido	64.98	porcentaje (%)	
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de clínker	6,429,136.65	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad de las empresas – DIGAMI (PRODUCE 2017).
Contenido de CaO promedio del clínker producido	64.90	porcentaje (%)	

2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de clínker	4,586,578.12	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Dato calculado a partir de información reportada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria. INFOCARBONO. (2015). <i>Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012</i> . Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
Contenido de CaO promedio del clínker producido	64.71	porcentaje (%)	Datos reportados por las empresas y recopilado en: Dato calculado a partir de información reportada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria. INFOCARBONO. (2015). <i>Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012</i> . Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de clínker	3,432,125.91	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria. INFOCARBONO. (2015). <i>Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012</i> . Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.

Contenido de CaO promedio del clínker producido	64.71	porcentaje (%)	Dato calculado a partir de información reportada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria. INFOCARBONO. (2015). <i>Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012</i> . Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
---	-------	----------------	--

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.1.7 Control de calidad y Garantía de calidad

6.1.1.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12

Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 23.

Tabla 23. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Cemento

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Revisión de los factores de emisión Los compiladores del inventario deben comparar los factores de emisión nacionales agregados con los factores por defecto del IPPC para determinar si el factor nacional es razonable respecto del factor por defecto del IPPC. Las diferencias entre los factores nacionales y los factores por defecto deben explicarse y documentarse, en particular si son representativos de circunstancias diferentes. Si se utiliza el método agregado «de arriba hacia abajo», pero se dispone de algunos datos limitados específicos para las plantas, los compiladores del inventario deben comparar los factores al nivel de planta o de instalación con el factor agregado empleado para la estimación nacional. Esto indica si los datos son razonables y representativos.</p>	<p>Se adaptó el factor de emisión por defecto utilizando los datos nacionales de contenido de CaO en el clínker, y el resultado promedio es muy cercano al valor por defecto, se podría validar el factor por defecto ya que las diferencias en el cálculo de emisiones son mínimas.</p>
<p>Verificación de los datos de actividad específicos de las instalaciones Para los datos específicos de las instalaciones, los compiladores del inventario deben revisar las incoherencias entre las instalaciones para establecer si ello refleja la presencia de errores, de diferentes técnicas de medición, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones operativas o en las tecnologías. Para la producción de cemento, los compiladores del inventario deben comparar los datos de la planta (contenido de CaO del clínker, contenido de clínker en el cemento) con los de otras plantas del país. Los compiladores deben garantizar que los factores de emisión y los datos de actividad se determinan de acuerdo con los métodos de medición internacionalmente reconocidos y probados. Si las prácticas de medición no cumplen con este criterio, entonces debe evaluarse cuidadosamente la utilización de estas emisiones o datos de actividad, deben reconsiderarse las estimaciones de incertidumbre y deben documentarse las calificaciones. Si se observa un estándar elevado en las mediciones y la GC/CC se aplica en la mayoría de las instalaciones, se puede revisar hacia abajo la incertidumbre de las estimaciones de emisiones.</p>	<p>Se verificó los datos de actividad en relación a los datos entre plantas y entre años para identificar valores incoherentes. No se evaluaron las condiciones tecnológicas ni operativas de las plantas.</p>

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Exhaustividad También se debe considerar la eventualidad del cómputo doble. Por ejemplo, los compiladores del inventario deben revisar las estadísticas utilizadas para estimar las emisiones de las categorías de fuente «Otros usos de carbonatos en los procesos» para garantizar que las emisiones declaradas en esa categoría de fuente no resulten del uso de esos carbonatos en la producción de cemento. Allí donde los carbonatos se emplean para la producción de cemento, la emisión debe declararse bajo Producción de cemento. Por último, los compiladores del inventario deben incluir en esta categoría de fuente sólo las emisiones relacionadas con el proceso de producción de cemento. Para evitar el cómputo doble, es una <i>buena práctica</i> justificar las emisiones relacionadas con la combustión en el volumen Energía.</p>	<p>La información utilizada (producción de clínker) para estimar las emisiones de producción de cemento no son reportadas en las estadísticas nacionales como producción de cal (otros carbonatos)</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.21

6.1.1.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.1.1.8 Sigüientes pasos

Un siguiente paso, podría ser la transición a un nivel superior (nivel 3), lo cual requiere mayor información sobre las entradas de carbonatos y la recuperación de material. Por lo tanto, se debe evaluar esta posibilidad, considerando si hay disponibilidad por parte de las empresas para reportar mayor información sobre sus plantas.

Dado que, es la subcategoría de mayor contribución en las emisiones del sector PIUP, sería recomendable establecer un vínculo de colaboración permanente con las empresas y diseñar procedimientos para la recopilación periódica de la información.

6.1.2 Subcategoría 2A2: Producción de cal

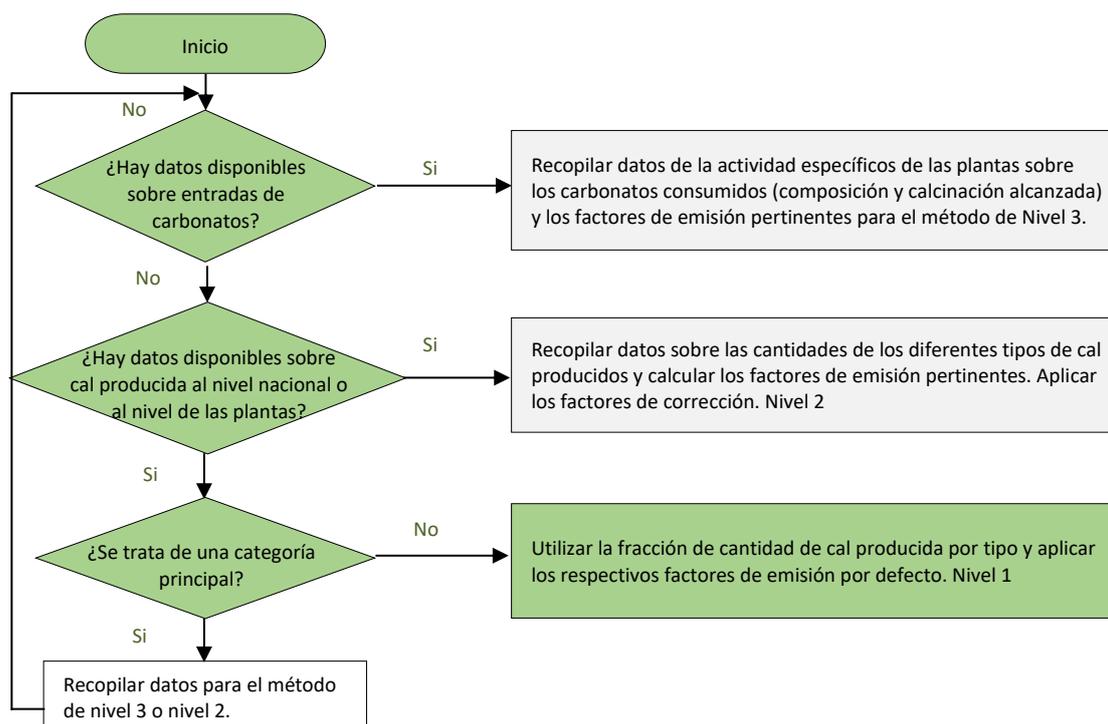
La subcategoría 2A2 se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cal (IPCC, 2006)¹⁸. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría.

6.1.2.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 10.

¹⁸ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 10. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO2 - Subcategoría Producción de Cal



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.23

A nivel nacional no existen datos disponibles sobre entradas de carbonatos ni datos disponibles sobre cal producida al nivel nacional o al nivel de las plantas que permitan determinar de forma confiable las cantidades de los diferentes tipos de cal producidos y calcular los factores de emisión pertinentes. Considerando que no es una categoría principal, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI, la fracción de cantidad de cal producida por tipo y los respectivos factores de emisión por defecto que equivale a un método Nivel 1 que se describe en la Tabla 24.

Tabla 24. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO2 - Subcategoría Producción de Cal

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2A2	Producción de cal	Producción de cal por tipo de cal (cal con fuerte proporción de calcio, cal de dolomita), toneladas	Producción de cal	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* describe la estimación realizada de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1, que implica la multiplicación de un factor de emisión por defecto a los datos nacionales de producción de cal. Aunque es preferible tener información por tipo de cal, esto no es necesario para aplicar el nivel 1. Tampoco es necesario reportar y contabilizar el polvo de horno de cal, LKD por sus siglas en inglés.

Ecuación 2.6. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Cal

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{EF}_{\text{cal}} \times \text{M}_{\text{cal}}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

M_{cal} = peso (masa) de cal producida, toneladas

EF_{cal} = factor de emisión para la cal, toneladas de CO₂/toneladas de cal

Ecuación 2.6. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Cal

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{EF}_{\text{cal}} \times \text{M}_{\text{cal}}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

M_{cal} = peso (masa) de cal producida, toneladas

EF_{cal} = factor de emisión para la cal, toneladas de CO₂/toneladas de cal

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.24. Ecuación 2.6

6.1.2.2 Datos de actividad

La fuente de información referida al dato de actividad, se obtuvo a partir de información de la producción de cal proporcionada por la Oficina General de Estudios Económicos y Evaluación de Impacto (OGEIEE) del PRODUCE, en el marco del levantamiento de información para la elaboración del RAGEI 2016.

Este valor facilitado por la OGEIEE, corresponde a las principales empresas manufactureras que reportan en la encuesta de Estadística Industrial Mensual y que representan en promedio el 80 % del Valor Bruto de Producción de 93 clases industriales¹⁹. La muestra de establecimientos fue definida por PRODUCE en el año 2007 y no ha sufrido modificaciones. Este valor, así como los de las demás líneas de producción correspondientes a las 93 clases industriales son publicadas en los anuarios estadísticos del PRODUCE y se registran también en las series nacionales del INEI. La encuesta de Estadística Industrial Mensual es ejecutada por la OGEIEE del PRODUCE.

De acuerdo al IPCC en las Directrices del IPCC de 2006, es típico que la producción declarada dé cuenta sólo de una parte de la producción real, pues las estadísticas sobre la producción de cal pueden considerar sólo los productos vendidos en el mercado (formales). Asimismo, es posible que ni el uso ni la producción de cal como producto intermedio no comercial sean

¹⁹ Esta información fue brindada por los representantes de la Dirección de Estudios Económicos de MYPE e Industria (DEMI) de la Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial (DIGECOMTE), en el marco del levantamiento de información del RAGEI 2014.

debidamente contabilizados ni declarados. El valor del dato nacional para el año 2016 se describe en la Tabla 25.

Tabla 25. Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Cal

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2A2	Producción de cal	Producción de cal	Producción de cal	933,406.00	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.2.3 Factores de emisión y conversión

El factor de emisión utilizado fue calculado de acuerdo a la Ecuación utilizando los valores medios de los factores por defecto que señalan las Directrices del IPCC de 2006 para la cal con fuerte proporción de calcio y para la cal de dolomita. Como resultado se obtuvo un valor para EF_{cal} de 0.753 toneladas de CO₂/toneladas de cal.

Ecuación 2.8. Factor de emisión de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Cal

NIVEL 1: FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CAL

$EF_{cal} = 0.85 \times EF_{cal \text{ con fuerte proporción de calcio}} + 0.15 \times EF_{cal \text{ de dolomita}}$

Donde:

- EF_{cal} = factor de emisión para la cal, toneladas de CO₂/toneladas de cal
- EF_{cal con fuerte proporción de calcio} = Factor de emisión por defecto para cal con fuerte proporción de calcio, toneladas de CO₂/toneladas de cal
- EF_{cal de dolomita} = Factor de emisión por defecto para cal de dolomita, toneladas de CO₂/toneladas de cal

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.25, Ecuación 2.8

La Tabla 26, describe la información del factor de emisión utilizado.

Tabla 26. Factores de emisión y conversión utilizados - Subcategoría Producción de Cal

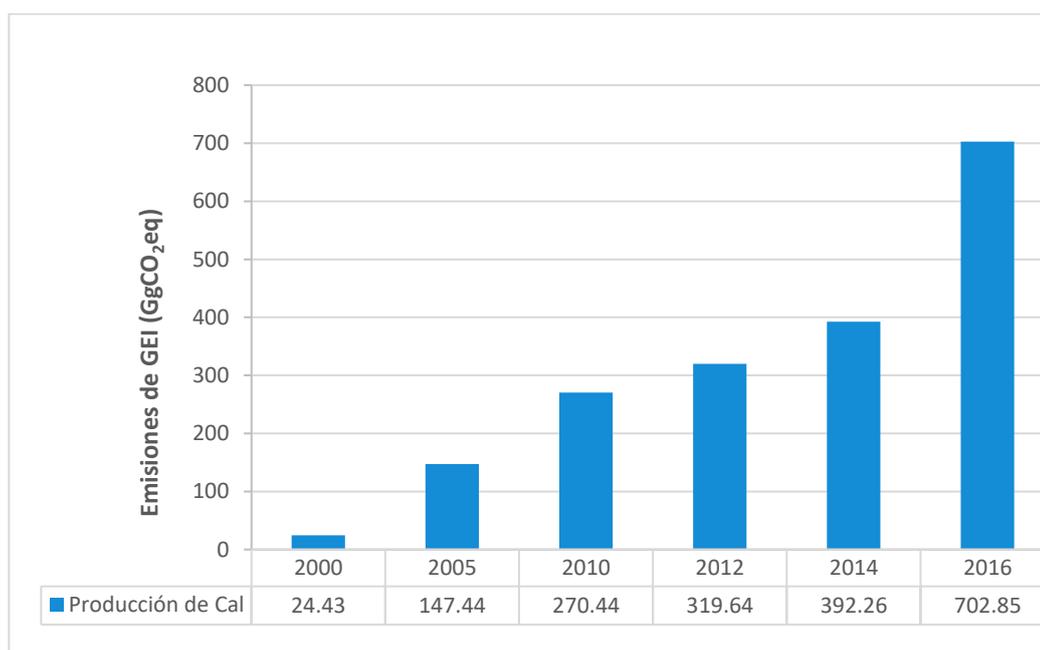
Dato	Valor	Unidad	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de cal	0.753	toneladas de CO ₂ / toneladas de cal producida	D	Calculado en base a los valores por defecto para una cal (85 % con fuerte proporción de calcio y 15 % de dolomita), eligiendo el valor más bajo para la cal de dolomita. Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 3, pp. 2.25 y 2.26
Proporción de la producción de la cal con fuerte contenido de calcio y la cal de dolomita	85 / 15	% cal con fuerte contenido de calcio / % cal de dolomita	D	Al desconocerse los tipos de cal y su composición, se considera esta proporción por defecto para elegir el factor de emisión. Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, p. 2.25

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.2.4 Análisis de resultados

Las emisiones estimadas de CO₂ de la producción de cal alcanzan el valor de 702.85 Gg de CO₂ eq para el año 2016. Se aprecia un incremento del 79 % en relación al año 2014 y de 2,776% en relación al año 2000. En todo el periodo se mantiene una tendencia ascendente con un crecimiento anual promedio de 163%. La Figura 11 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

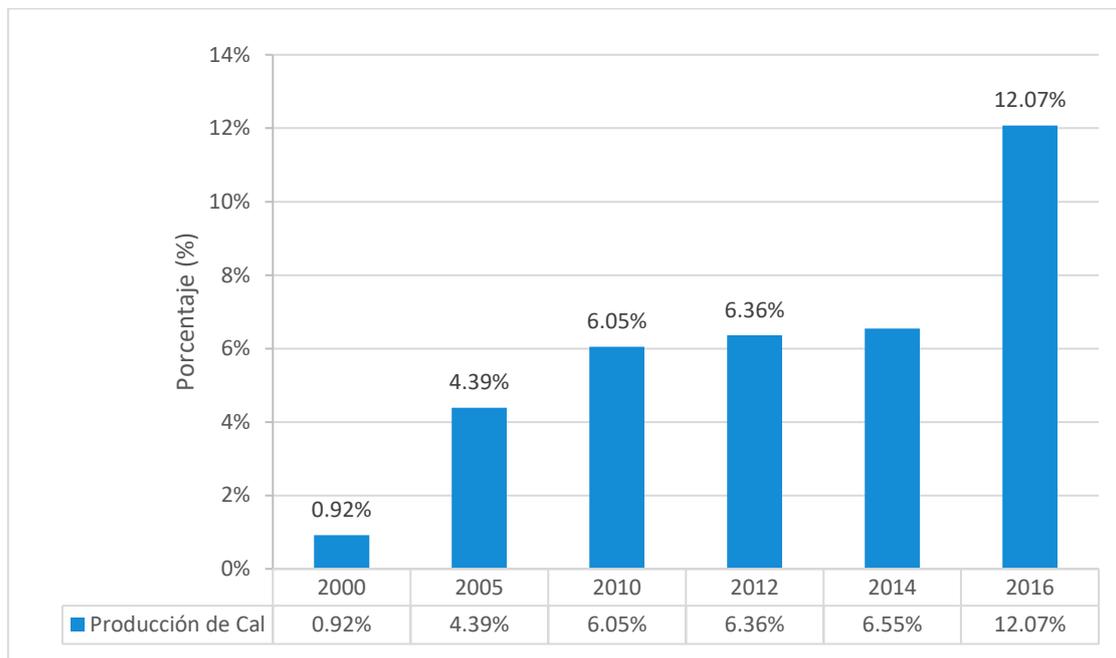
Figura 11. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cal



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de cal es la segunda con mayor participación en las emisiones del sector PIUP del año 2016. Además, al igual que sus emisiones, su participación ha ascendido de 0.92 % en el año 2000 a 12.07 % en el año 2016.

Figura 12. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Cal



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.2.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006²⁰. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000²¹ (ver Ecuación). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Según EPA, dicho valor debe ser calculado mediante la raíz de la suma de cuadrados y no del promedio simple. Además, ya no se considera la hipótesis relacionada al factor de emisión para otros tipos de cal, debido a que los factores de emisión considerados se refieren específicamente a la cal con fuerte proporción de calcio y cal dolomita. Por lo cual no se requiere considerar la mencionada hipótesis. Cabe indicar que esta mejora fue consultada previamente con EPA, antes de ser incluida en la planilla de cálculo.

Al factor de emisión por defecto utilizado en la estimación se le atribuye una incertidumbre de $\pm 2.83\%$ asociada al uso del factor de emisión para cal con fuerte proporción de calcio y para la cal de dolomita, dicho valor se obtuvo a partir de una combinación ya que ambas se consideran a la vez (ver Tabla 27). Cabe indicar que, a diferencia del RAGEI 2014, no se considera la hipótesis "Incertidumbre del factor de emisión para otros tipos de cal", debido a

²⁰ Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.29

²¹ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

que el factor de emisión utilizado está en función a los tipos de cal ya considerados en las hipótesis de la Tabla 27. Por lo que, no se hace necesario considerar la incertidumbre de una hipótesis para cal en general. Cabe indicar que, esta mejora contó con el visto bueno de la EPA, antes de ser incluida en la planilla de cálculo, al igual que el uso de la combinación para el cálculo de la misma, en lugar de promedio simple.

Tabla 27. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Cal

Incertidumbre	Descripción	Nivel
2 %	Factor de emisión de la cal con fuerte proporción de calcio	1, 2
2 %	Factor de emisión de la cal de dolomita	1, 2

Fuente: Elaboración propia en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.29

La incertidumbre asociada al dato de actividad es de $\pm 5.00\%$ y se deriva de la incertidumbre de Nivel 1 de la corrección para la cal hidratada. La Tabla 28 describe el valor por defecto de incertidumbre asociados a la mencionada hipótesis.

Tabla 28. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Cal

Incertidumbre	Descripción	Nivel
5%	Corrección para la cal hidratada	1, 2

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.4, p. 2.29

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 5.74\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 1.11\%$ (ver Tabla 29). Cabe indicar que, si se conocieran las tecnologías, se podría esperar una reducción de la incertidumbre a través de una evaluación experta.

Tabla 29. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Cal

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR							
A		B	E	F	G	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales	
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %	
2							
Procesos Industriales y uso de productos							
2A		Industria de los minerales					
	2A2	Producción de Cal	CO ₂	5.00%	2.83%	5.74%	1.11%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.1.2.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014, puesto que para el presente RAGEI se utilizaron las mismas fuentes de información del RAGEI PIUP 2014, las cuales no sufrieron variaciones.

En la Tabla 30, presenta los valores de los datos nacionales utilizados y sus fuentes de información.

Tabla 30. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Cal

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de cal	520,931.05	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información

Producción de cal	424,495.27	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de cal	359,154.39	tonelada (t)	Dato obtenido por interpolación de serie de datos de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf Ministerio de Industria, Comercio Interior, Turismo e Integración. (s.f.). <i>Perfil manufacturero - Cemento, Cal y Yeso (CIU 2694, 3ra. revisión)</i> . Oficina de Estadística - OGIER. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/2694.pdf
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de cal	195,802.20	tonelada (t)	Dato obtenido por interpolación de serie de datos de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf Ministerio de Industria, Comercio Interior, Turismo e Integración. (s.f.). <i>Perfil manufacturero - Cemento, Cal y Yeso (CIU 2694, 3ra. revisión)</i> . Oficina de Estadística - OGIER. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/2694.pdf
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de cal	32,450.00	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Industria, Comercio Interior, Turismo e Integración. (s.f.). <i>Perfil manufacturero - Cemento, Cal y Yeso (CIU 2694, 3ra. revisión)</i> . Oficina de Estadística - OGIER. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/2694.pdf

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Tal como se informó en el Reporte RAGEI PIUP 2014, para los años 2005 y 2010 no se obtuvieron datos nacionales reportados, pero se aplicó el método de interpolación usando las series de datos de las fuentes mencionadas.

6.1.2.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.1.2.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12

Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 31.

Tabla 31. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Cal

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Comparación de las estimaciones de emisiones obtenidas mediante los diferentes métodos</p> <p>Se pueden hacer comparaciones entre las emisiones estimadas según el método de Nivel 2, basado en la producción de cal, y el método de Nivel 3, basado en las entradas de carbonatos. De manera similar, si para estimar las emisiones se usa el método «de abajo hacia arriba» (es decir, recolección de datos específicos para las plantas), los compiladores del inventario deben comparar las estimaciones de emisiones con las estimaciones calculadas mediante datos nacionales o específicos de la planta para la producción de cal (tratamiento «de arriba hacia abajo»). En los casos en los que se utiliza un método híbrido de Nivel 1/2 ó Nivel 2/3 durante un período de transición, se considera como una buena práctica estimar las emisiones para todas las instalaciones que utilizan el Nivel más bajo para comparar los resultados del análisis con los resultados derivados del empleo del método híbrido. Los resultados de tales comparaciones deben registrarse con fines de documentación interna, incluidas las explicaciones sobre cualquier discrepancia.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento, dado que solo se cuenta con información de estadísticas nacionales y no se realizó recopilación de información a nivel de plantas que permita estimar con métodos superiores al nivel 1 aplicado.</p>
<p>Verificación de los datos de actividad específicos de las instalaciones</p> <p>Los compiladores del inventario deben confirmar las definiciones correctas de los diferentes tipos de cal producidos en el país. Los compiladores del inventario deben también considerar cuidadosamente las industrias que puedan producir cal no comercial, de modo que garanticen que estos datos han sido incluidos en los datos de actividad para el inventario.</p>	<p>No se obtuvo información de tipos de cal ni de producción de cal no comercial. Sin embargo, se investigó sobre otras posibles fuentes de información como los registros de insumos químicos fiscalizados (SUNAT). Esta fuente puede ser usada a futuro como mejora, pero al momento solo se disponen de datos desde el año 2014.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.30

6.1.2.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.1.2.8 Sigüientes pasos

Entre los sigüientes pasos, se incluye la identificación de los principales productores de cal. Ya que, la actividad de fabricación de cal, se encuentra agrupada con la de producción de cemento y yeso a través del CIU 2394, no es posible diferenciar dichas actividades en el Registro Único de Contribuyentes de SUNAT. Por ello, una posible fuente de información para la identificación de estas empresas es el registro de insumos químicos y bienes fiscalizados que incluyen al óxido de calcio como insumo fiscalizado, los cuales desde el año 2014 están a cargo de la SUNAT (INIQBF) y que previamente fueron administrados por la Dirección General de Política y Regulación (DGPR) del PRODUCE.

Una vez identificadas las empresas, el sigüiente paso es evaluar la posibilidad de solicitar información a sus plantas en base a la cantidad de empresas identificadas y los recursos disponibles.

6.1.3 Subcategoría 2A3: Producción de vidrio

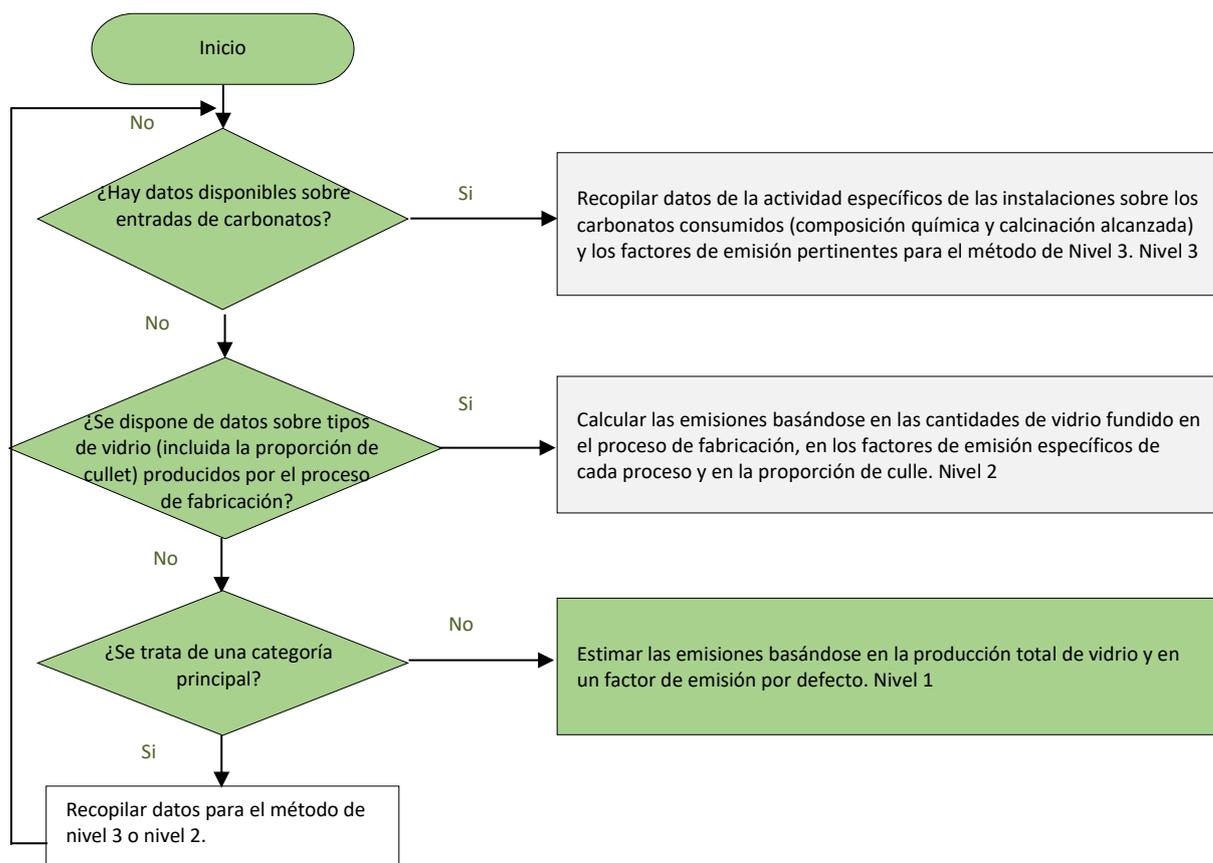
Es la subcategoría 2A3 que se define como las emisiones vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de vidrio (IPCC, 2006)²². Estas emisiones corresponden a dióxido de carbono y se estiman en el presente reporte con un nivel metodológico 1.

6.1.3.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 13.

²² Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 13. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Vidrio



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.33

A nivel nacional no existen datos disponibles sobre entradas de carbonatos utilizados en la producción de vidrio ni tampoco datos de producción de vidrio por tipos. Considerando que no es una categoría principal, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI, datos de producción total de vidrio aplicando un factor por defecto, lo que corresponde a un nivel 1 de cálculo (ver Tabla 32).

Tabla 32. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Vidrio

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2A3	Producción de vidrio	Masa del vidrio producido, toneladas	Producción de vidrio fundido	1
		Proporción de <i>cullet</i> (vidrio reciclado) para el proceso, fracción	Proporción de <i>cullet</i> (vidrio reciclado) para el proceso	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La siguiente ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1.

Ecuación 2.10. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Vidrio

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO
 Emisiones de CO₂ = M_g x EF_g x (1 - CR)

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de vidrio, toneladas

M_g = masa del vidrio producido, toneladas

EF_g = factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio, toneladas de CO₂/toneladas de vidrio

CR = proporción de *cullet* para el proceso (promedio nacional o valor por defecto), porcentaje

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.32. Ecuación 2.10

6.1.3.2 Datos de actividad

El nivel de actividad ha sido obtenido a partir de datos nacionales brindados por las empresas que fueron recopilados en el marco del RAGEI²³. La Tabla 33 describe la información utilizada.

Tabla 33. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2A3	Producción de vidrio	Masa del vidrio producido, toneladas	Producción de vidrio fundido	272,291.50	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE 2019).
		Proporción de <i>cullet</i> (vidrio reciclado) para el proceso, fracción	Proporción de <i>cullet</i> (vidrio reciclado) para el proceso	0.35	fracción	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE 2019).

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Al igual que en el caso del RAGEI 2014, se solicitó información a las empresas identificadas como productoras de vidrio primario, ya que la información de masa de vidrio no se encuentra en las estadísticas nacionales, así como tampoco se diferencia la producción de vidrio primario. Para el caso de una de las empresas la información, tanto del vidrio fundido producido como para el vidrio reciclado utilizado como materia prima, fue proporcionada a manera de rangos; y para la obtención de los datos de actividad se tomó el valor medio.

²³ El reporte de las empresas se mantiene en confidencialidad y por tal motivo en este documento no se mencionan los nombres de las empresas ni los datos reportados. Sin embargo, los medios de verificación están archivados en la fuente citada como: *Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)*.

La identificación de las empresas se hizo en base al directorio de empresas registradas en actividad de la SUNAT²⁴, sobre el cual se solicitó información de las plantas de las empresas reportantes en el RAGEI PIUP 2014, y se solicitaron confirmaciones vía correo electrónico a aquellas empresas sobre las que se desconocía si producían vidrio primario; siendo todas las respuesta negativas, entonces se mantuvo el alcance del RAGEI PIUP 2014.

Se calcula que las empresas consideradas para la estimación en el RAGEI, representan más del 86 % de la producción nacional del año 2016 para la fabricación de vidrio y productos de vidrio (CIU 2310 de la cuarta revisión), según la Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE²⁵. Sin embargo, estas empresas representarían un porcentaje mayor si se consideraran solo aquellas que realizan vidrio de manera primaria.

La masa de vidrio primario producido, se obtuvo a partir de la producción de vidrio a la cual se le descontó el vidrio reciclado (denominado proporción de cullet). Este valor obtenido fue multiplicado por el factor de emisión por defecto que se deriva de una composición de mezcla típica de materia prima.

El rango de fracción de *cullet* utilizado para las estimaciones varía dependiendo del año evaluado entre 0.35 y 0.39 lo cual es cercano a lo que indica el IPCC para los países en desarrollo (de 0.4 a 0.6) donde la recuperación de objetos de vidrio está menos difundida.

Aunque, el IPCC indica que la producción de vidrio puede tipificarse en recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales, incluyendo lana de vidrio; en las estadísticas nacionales actuales solo se dispone de información de producción de envases de vidrio. Tampoco se cuenta con información sobre la carbonización de un hidróxido que no produce emisiones netas de CO₂.

6.1.3.3 Factores de emisión y conversión

Para la estimación, se utilizó el factor de emisión por defecto que se describe en la Ecuación , el cual asume una composición típica de la arena mezcla utilizada para la producción de vidrio tal como se indica en la siguiente ecuación.

Ecuación 2.13. Factor de emisión de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Vidrio

$$\text{NIVEL 1: FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO}$$

$$EF_g = 0.167 \div 0.84 = 0.20 \text{ toneladas de CO}_2/\text{toneladas de vidrio}$$

Donde:

EF_g = factor de emisión por defecto para la producción de vidrio, toneladas de CO₂/toneladas de vidrio

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.34. Ecuación 2.13

²⁴ La fuente es: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2015). Directorio de empresas 2015 de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes). Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria.

²⁵ La fuente es: La oficina general de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (2016). Participación de las Principales Empresas en la Producción según clase CIU.

La Tabla 34, describe la información del factor de emisión por defecto utilizado, la Composición de mezcla típica de materias primas y la proporción de *cullet* promedio. El factor de conversión correspondiente a proporción de *cullet* (vidrio reciclado) utilizado como materia prima (%), puede también ser un valor por defecto, pero para el año 2016²⁶ se calculó a partir de los datos nacionales de actividad.

Tabla 34. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Vidrio

Dato	Valor	Unidad	Calculado (C) / Por Defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de vidrio	0.20	toneladas de CO ₂ / toneladas de vidrio producido	D	Factor por defecto utilizado en el nivel 1, cuando se desconoce la composición de la materia prima y se asume una composición mezcla típica por defecto. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 2.35
Composición de mezcla típica de materias primas: feldespato, dolomita, piedra caliza y ceniza de sosa	56% Arena 5% Feldespato 10% Dolomita 9% Piedra caliza 20% ceniza de sosa (carbonato de sodio)	porcentaje (%)	D	Composición de mezcla típica asumida para el factor por defecto usado. Fuente: Directrices del IPPC de 2006 , Vol. 3, p. 2.33
Proporción de <i>cullet</i> promedio (vidrio reciclado) como materia prima	0.35	fracción	C	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE 2019).

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

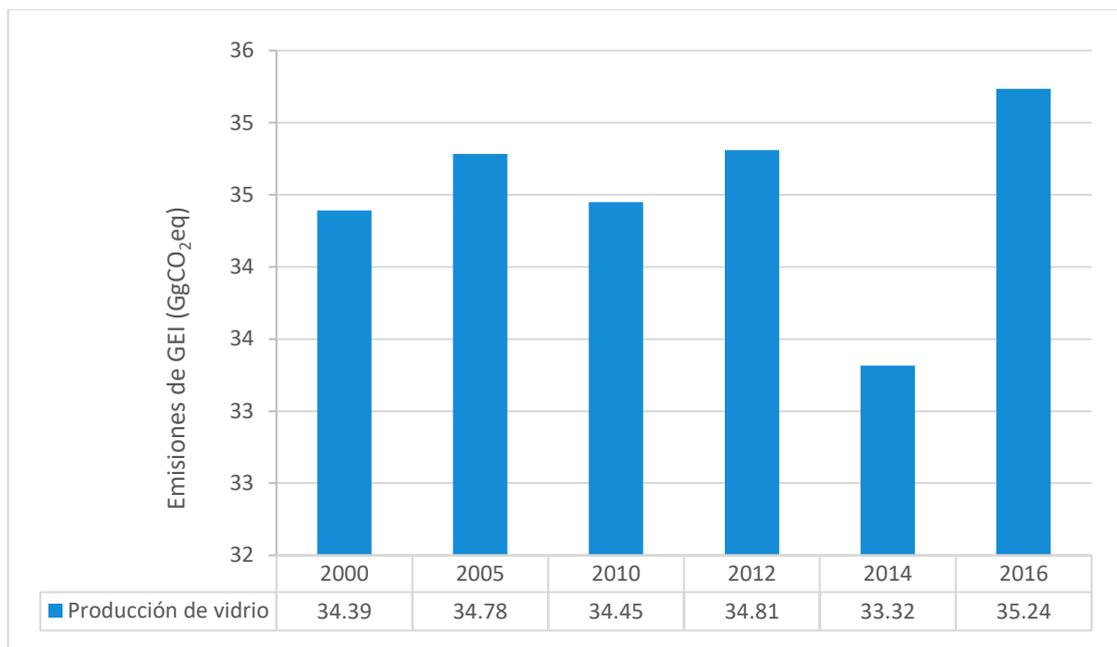
6.1.3.4 Análisis de resultados

Las emisiones estimadas de CO₂ de la producción de vidrio en el año 2016 alcanzaron el valor de 35.24 Gg de CO₂ eq. Se aprecia un aumento del 6 % en relación al año 2014 y de 2 % en relación al año 2000. En los años evaluados las emisiones estimadas varían en el rango de 33.32 Gg de CO₂ eq del año 2014 y 35.24 Gg de CO₂ eq en el año 2016 (valor más alto de la serie). Sin embargo, cabe indicar que fue necesario asumir una fracción de *cullet* constante para completar las estimaciones de la serie²⁷ y que es probable que esta fracción no refleje el comportamiento real de las emisiones en el tiempo. La Figura 14 presenta los resultados de la estimación para los años evaluados.

²⁶ También se pudo calcular para el año 2012, sin embargo, para los años previos de la serie (2000, 2005, 2010), la información fue insuficiente y se estableció como valor constante para la conversión una proporción de *cullet* de 36.08 % (promedio de reportes del 2012 y 2014) en lugar de asumir el valor por defecto de 50 %.

²⁷ Este valor constante se aplicó en los años donde no se contaba con información representativa de las empresas, es decir, los para los años 2000, 2005 y 2010.

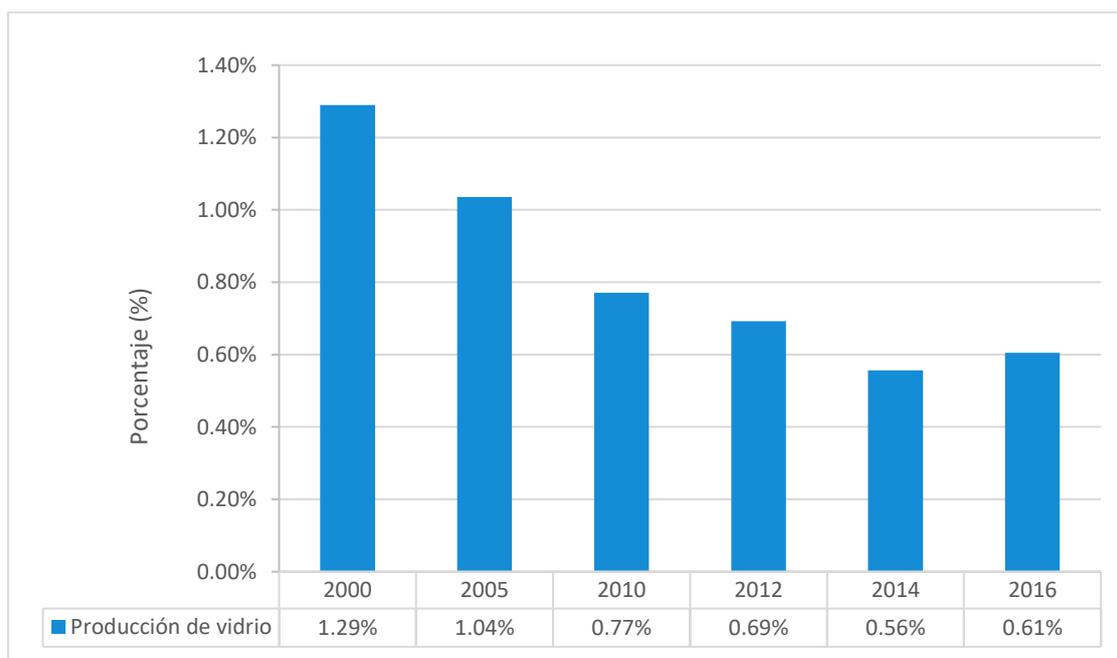
Figura 14. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La participación de la producción de vidrio en las emisiones del sector PIUP en el año 2016 fue de 0.61 %. Dado que las emisiones estimadas de esta subcategoría no varían significativamente a través de los años, su participación en relación a las emisiones totales, a partir del 2010, han sido menores a 1%.

Figura 15. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Vidrio



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.3.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006²⁸. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000²⁹ (ver Ecuación). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión por defecto utilizado en la estimación se le atribuye la incertidumbre asociada al uso del factor de emisión y de la proporción de *cullet* del Nivel 1 de $\pm 60\%$.

Tabla 35. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Vidrio

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
60 %	Factor de emisión y de la proporción de <i>cullet</i>	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 2.35 y 2.36

Las Directrices del IPPC de 2006 señalan que los datos sobre producción de vidrio se miden generalmente con una buena exactitud e indica que la incertidumbre por defecto asociada es igual a $\pm 5\%$. Sin embargo, para el caso de una de las empresas se indica que el valor de incertidumbre es de $\pm 40\%$. Combinando ambos valores, se obtiene un valor de incertidumbre de $\pm 40.31\%$.

Tabla 36. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Vidrio

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
5 %	Datos de producción de vidrio	1
40 %	Datos de producción de vidrio proporcionados por una de las empresas	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 2.35 y 2.36

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 72.28\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 0.45\%$. Si se conocieran las tecnologías, se podría esperar una reducción de la incertidumbre a través de una evaluación experta.

²⁸ Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 2.35 y 2.36

²⁹ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

Tabla 37. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Vidrio

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR							
A		B	E	F	G	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales	
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %	
2 Procesos Industriales y uso de productos							
2A		Industria de los minerales					
	2A3	Producción de Vidrio	CO ₂	40.31%	60.00%	72.28%	0.45%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.1.3.6 Análisis de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014, puesto que para el presente RAGEI se utilizaron las mismas fuentes de información del RAGEI PIUP 2014³⁰, las cuales no sufrieron variaciones. La Tabla 38 describe los valores de los datos nacionales utilizados y sus fuentes de información.

³⁰ La información recopilada de las empresas en el RAGEI 2014, cubrió los años 2014 y 2012 y parcialmente el año 2010, ya que solo una de las dos empresas reportó información para el año 2010. Y ninguna empresa reportó datos para los años 2000 ni 2005, por ello, para estos años se utilizó información de producción de vidrio de las estadísticas nacionales que fue convertida a masa aplicando una función de correlación lineal entre producción de envases de vidrio en unidades, obtenidos del Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015; y producción de vidrio fundido en masa, reportados por las empresas para los años 2012 y 2014. Luego se aplicó la función con datos de las Series Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (Fabricación de vidrio y productos de vidrio) para hallar la producción de masa de vidrio fundido para los años 2000, 2005. Esto no se pudo realizar directamente para el año 2010 puesto que las estadísticas nacionales no reportaron para dicho año, entonces para completar el vacío se aplicó la interpolación (Las estadísticas nacionales no reportaron el periodo del 2007 al 2011, en este periodo se aplicó la interpolación para hallar los datos de producción de envases y botellas de vidrio para el año 2010, luego se aplicó la función de correlación lineal como se hizo para los años 2000 y 2005) para posteriormente aplicar la función de correlación antes descrita.

El porcentaje de *cullet* de los años 2014 y 2012 fue obtenido de las empresas, mientras que para los años 2000, 2005 y 2010 se utilizó el promedio de porcentaje de *cullet* calculado de la proporción del total agregado de material reciclado en la producción agregada de vidrio fundido.

Tabla 38. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Vidrio

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de vidrio fundido	271,183.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas de vidrio y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso	0.39	fracción	Datos reportados por las empresas de vidrio y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de vidrio fundido	269,082.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas de vidrio y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso	0.35	fracción	Datos reportados por las empresas de vidrio y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de vidrio fundido	269,448.39	tonelada (t)	Dato obtenido de la interpolación y la correlación lineal de serie de datos de: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e</i>

			<p><i>Informática</i>. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/ Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i>. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/analisis/analisis-estadistico-mype-2015.pdf Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i>. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.</p>
Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso	0.36	fracción	<p>Dato promedio calculado de la información reportada por las empresas: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i>. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.</p>
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de vidrio fundido	272,073.78	tonelada (t)	<p>Dato obtenido de la correlación lineal de serie de datos de: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática</i>. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/ Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i>. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/analisis/analisis-estadistico-mype-2015.pdf Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i>. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.</p>
Proporción de cullet (vidrio)	0.36	fracción	<p>Dato promedio calculado de la información reportada por las empresas:</p>

reciclado) para el proceso			Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de vidrio fundido	269,007.26	tonelada (t)	Dato obtenido de la correlación lineal de serie de datos de: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/ Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Proporción de cullet (vidrio reciclado) para el proceso	0.36	fracción	Dato promedio calculado de la información reportada por las empresas: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.3.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.1.3.7.1 Control de Calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12

Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 39.

Tabla 39. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Vidrio

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Si se estiman las emisiones empleando el método de Nivel 3, los resultados pueden compararse con los resultados del método de Nivel 2 para ver si poseen un orden de magnitud similar. Análogamente, si se han estimado las emisiones a partir de datos «de arriba hacia abajo» mediante el método de Nivel 2, pueden compararse estos resultados con los del método más riguroso de Nivel 3 en una pequeña cantidad de instalaciones para ver si los valores por defecto utilizados en el Nivel 2 reflejan las circunstancias nacionales. El método de Nivel 2 descansa en la estimación de emisiones basada en los diferentes tipos de vidrio producidos. Estas estimaciones pueden compararse con los resultados de una auditoría de los diversos proveedores de materias primas para la industria del vidrio. Por ejemplo, pueden compararse las estimaciones nacionales con las estimaciones sobre la cantidad de piedra caliza, de ceniza de sosa y de otros carbonatos que se venden a las industrias de vidrio. Tales datos comerciales pueden obtenerse de cada proveedor o de las asociaciones comerciales.</p>	<p>No se aplica el procedimiento para el nivel de cálculo 1 utilizado.</p>
<p>Una de las fuentes mayores de incertidumbre en la estimación de emisiones (Nivel 1 y Nivel 2) para la producción de vidrio es la proporción de <i>cullet</i>. La cantidad de vidrio reciclado utilizado puede variar en las distintas instalaciones de un país y en la misma instalación a través del tiempo. El tema de la proporción de <i>cullet</i> se perfila como un buen candidato para una investigación más profunda.</p>	<p>Se calculó una proporción promedio de <i>cullet</i> a partir de los datos provistos por las empresas. Se decidió utilizar este valor promedio en lugar del valor por defecto del 50 % que se considera es muy alto para la realidad del país y se cuenta con información representativa del sector.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.36

6.1.3.7.2 Garantía de Calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.1.3.8 Sigüientes pasos

Dado que el porcentaje de *cullet* (vidrio reciclado) utilizado para los años 2000, 2005 y 2010 es un valor constante calculado con información de los años 2010, 2012 y 2014, se deberá revisar y profundizar la investigación de información nacional sobre el reciclaje de vidrio en el país o realizar una validación complementaria con expertos de las empresas.

Se debe tomar en cuenta que cualquier mejora que se aplique en esta subcategoría afecta también la subcategoría correspondiente a otros usos de la ceniza de sosa.

Asimismo, los sigüientes pasos, incluyen socializar los resultados con las empresas que reportaron sus datos de planta. Es importante establecer un vínculo de colaboración con las empresas y diseñar procedimientos para la recopilación periódica de la información.

6.1.4 Subcategoría 2A4a: Cerámicas

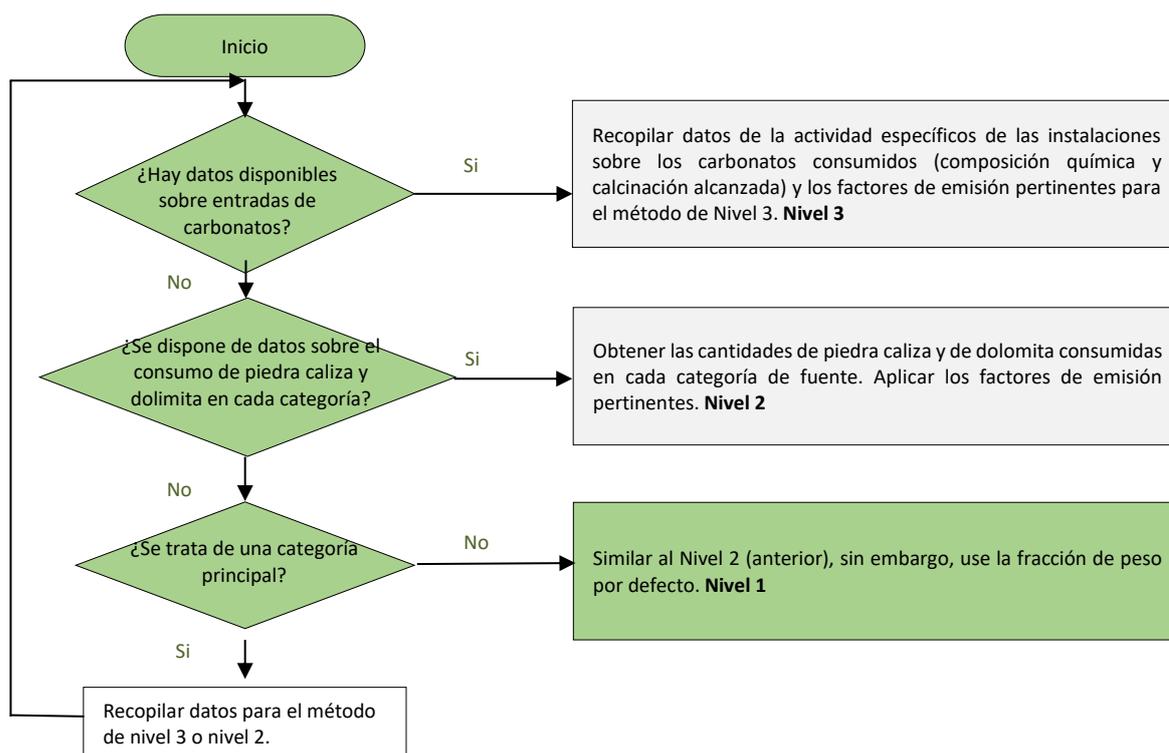
Forma parte de la subcategoría 2A4 de otros usos de carbonatos en los procesos. La fuente 2A4a se define como las emisiones vinculadas de procesos de la producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y pavimentos, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos vinculadas a procesos de la producción de diversos tipos de cemento (IPCC, 2006)³¹.

El presente reporte, describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono derivadas del uso de carbonatos, específicamente en la producción de ladrillos. Se consideró únicamente este producto debido a la disponibilidad de información.

6.1.4.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 16.

Figura 16. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.40

Se utiliza el nivel 1 para la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría dado que no se cuenta con datos de entradas de carbonatos, no se tiene datos sobre el consumo de piedra caliza y dolomita en cada categoría, ni es una categoría principal.

³¹ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Sí se cuenta con estadísticas nacionales sobre producción de productos cerámicos. El nivel metodológico se describe en la Tabla 40.

Tabla 40. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2A4a	Cerámicas	Masa del carbonato (calcita o dolomita) consumido en los procesos, toneladas	Producción de ladrillo de techo (hueco)	1
			Producción de ladrillo king kong	
			Producción de ladrillo pandereta	
			Producción de otros ladrillos para muro	
			Masa promedio por unidad de ladrillo de techo (hueco)	
			Masa promedio por unidad de ladrillo king kong	
			Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	
			Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro (promedio general)	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La ecuación para estimar las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1 es:

Ecuación 2.14. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA MASA DE LOS CARBONATOS CONSUMIDOS

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_c \times (0.85 \times EF_{1s} + 0.15 \times EF_d)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de otros usos de carbonatos en los procesos (cerámicas), toneladas

M_c = masa de carbonato consumido³², toneladas

EF_{1s} o EF_d = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita, toneladas de CO₂/toneladas de carbonato

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.38. Ecuación 2.14

La Masa de carbonato (M_c) que representa el nivel de actividad ha sido calculada con la siguiente ecuación.

³² En las Directrices del IPCC de 2006 dice "producido" en lugar de "consumido", pero se refiere a este último, por lo que se corrige para facilitar la comprensión.

Ecuación de cálculo de masa de carbonato consumido - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas

$M_c = \text{Masa promedio por unidad} \times \text{Producción total} \times 1.1 \times 10 \%$

Donde:

- 1.1 es el factor de pérdidas por defecto (la relación de masa de arcilla usada y masa de cerámico producido) (fracción)
- 10 % (ó 0.1) es el contenido por defecto de carbonatos en las arcillas
- M_c = masa de carbonato consumido, toneladas
- Masa promedio por unidad = Masa promedio de producto cerámico por unidad, kilogramos
- Producción total = Producción total de productos cerámicos, millares de unidades

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2

Al multiplicar la masa promedio por tipo de producto y la cantidad en unidades producida se obtiene la masa total producida de cerámicos. El factor de pérdidas por defecto es igual a 1.1 y describe la relación entre el consumo de arcilla y la producción de cerámico, es decir, por cada tonelada de cerámico se consume 1.1 toneladas de arcilla. Además, las Directrices del IPCC de 2006 también indican un contenido por defecto de los carbonatos en las arcillas de 10 %. De este modo la ecuación presentada anteriormente permite obtener la masa de carbonato consumido para la producción de cerámicas.

6.1.4.2 Datos de actividad

Como se mencionó anteriormente, dentro de esta subcategoría no se incluye otros tipos de cerámicos diferentes a ladrillos, debido a que la información disponible sobre otros tipos de cerámicos solo se encuentra en unidades y no se pudo convertir a masa. Por tanto, el alcance de la estimación es solo ladrillos.

El nivel de actividad ha sido obtenido a partir de estadísticas nacionales, entre otros. La Tabla 41, describe la información utilizada.

Tabla 41. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

Clasificación	Fuente de información	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Valor	Fuente de información
2A4a	Cerámicas	Masa del carbonato (calcita o dolomita) consumido en los procesos, toneladas	Producción de ladrillo de techo (hueco)	millar de unidades	107,923.00	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE (2017). Principales líneas de productos según clase CIU.
			Producción de ladrillo king kong	millar de unidades	108,376.00	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE (2017). Principales líneas de productos según clase CIU.
			Producción de ladrillo pandereta	millar de unidades	145,354.00	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE (2017). Principales líneas de productos según clase CIU.
			Producción de otros ladrillos para muro	millar de unidades	19,452.00	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE (2017). Principales líneas de productos según clase CIU.

Clasificación	Fuente de información	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Valor	Fuente de información
			Masa promedio por unidad de ladrillo de techo (hueco)	kilogramo (kg)	7.14	Ministerio de la Producción. (2016). Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
			Masa promedio por unidad de ladrillo king kong	kilogramo (kg)	2.97	Ministerio de la Producción. (2016). Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
			Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	kilogramo (kg)	2.23	Ministerio de la Producción. (2016). Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
			Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro / Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	kilogramo (kg)	3.54	Ministerio de la Producción. (2016). Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Es importante considerar que la producción de cerámicas diferentes a ladrillos es significativa, considerando que en el año 2016 se reportó una producción de cerámicas de piso y pared de 62,680,387.00³³ metros cuadrados y en el 2015 de 64,732,870.91 metros cuadrados³⁴.

En relación a los datos nacionales que corresponden a la producción de ladrillos (tanto para ladrillo king kong, pandereta, techo, muro y otros) la información fue alcanzada por la Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE, a través del MEMORANDO N° 500-2017-PRODUCE/SG/OGEIEE.

Las estadísticas nacionales que reporta la OGEIEE del Ministerio de la Producción se presentan como una relación de productos principales (en la que se incluye a la producción de ladrillos y otros productos cerámicos). Los valores consignados corresponden a las líneas de productos sobre las que las principales empresas manufactureras reportan en la encuesta de Estadística Industrial Mensual y que representan en promedio el 80 % del Valor Bruto de Producción de

³³ Información proporcionada por la Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE, a través del MEMORANDO N° 500-2017-PRODUCE/SG/OGEIEE.

³⁴ (2016). Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf>

93 clases industriales³⁵. La muestra de establecimientos fue definida por PRODUCE en el año 2007 y no ha sufrido modificaciones.

Las masas promedio para los distintos tipos de ladrillos mencionados se obtuvieron en el marco del RAGEI 2014, mediante la realización de una encuesta enviada a las principales empresas productoras de cerámicas y ladrillos³⁶.

Para determinar la masa de carbonatos consumidos en el caso de cerámicas, se multiplica la producción de ladrillos, la masa promedio de los ladrillos, el contenido de arcilla (por defecto), considerando la relación de calcita /dolomita en los carbonatos; a esto, se les aplica los factores de conversión indicados por Directrices del IPPC de 2006 tal como se describe en la ecuación de “Cálculo de masa de carbonato consumido - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas”

. Los valores de los datos nacionales utilizados para el año 2016 se describen en la Tabla 41.

Aunque las Directrices del IPPC de 2006 sugieren que los compiladores del inventario garanticen que los datos sobre los carbonatos reflejen carbonatos puros y no las rocas carbonatadas, esto no ha podido ser determinado dado que se utilizó información de producción de estadísticas nacionales.

6.1.4.3 Factores de emisión y conversión

Para calcular un factor de emisión general a la producción de cerámicos se aplicó la ecuación presentada a continuación utilizando los valores por defecto para los factores de emisión EF_{ls} y EF_d (ver Tabla 42) y considerando una participación por defecto de carbonatos consumidos de 85 % de caliza y 15 % de dolomita.

Ecuación de factor de emisión de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

$$\text{Factor de emisión calculado de CO}_2 \text{ para la producción de cerámicos} = 0.85 \times \text{EF}_{ls} + 0.15 \times \text{EF}_d$$

Donde:

EF_{ls} o EF_d = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita, toneladas de CO₂/toneladas de carbonato

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2

Con este cálculo se obtuvo un factor de emisión para la producción de cerámicos de 0.4453515 toneladas de CO₂/toneladas de carbonato consumido y adaptando la primera ecuación para

³⁵ Esta información fue brindada por los representantes de la Dirección de Estudios Económicos de MYPE e Industria (DEMI) de la Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial (DIGECOMTE) en el marco de la elaboración del RAGEI 2014.

³⁶ La sistematización de las encuestas y las conclusiones se reportan en la siguiente fuente: Ministerio de la Producción. (2016). *Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos*. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria.

incluir el factor de emisión calculado se obtiene la siguiente ecuación para el cálculo de las emisiones.

Ecuación 2.14. Emisiones de CO₂, Nivel 1 (ecuación adaptada) - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA MASA DE LOS CARBONATOS CONSUMIDOS

Emisiones de CO₂ = M_c x Factor de emisión calculado de CO₂ para la producción de cerámicas

Emisiones de CO₂ = M_c x 0.4453515 toneladas de CO₂/toneladas de carbonato consumido.

Donde:
M_c = masa de carbonato consumido, toneladas

Fuente: Adaptado de Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.38. Ecuación 2.14

En la Tabla 42 se presenta el factor de emisión calculado, así como la información utilizada para su determinación y la masa de carbonato consumido.

Tabla 42. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

Dato	Valor	Unidad	Calculado (C)/ Por Defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión calculado de CO ₂ para la producción de cerámicas	0.44535	toneladas de CO ₂ / toneladas de carbonato consumido	C	Resultado del cálculo realizado
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la calcinación de la piedra caliza	0.43971	toneladas de CO ₂ / toneladas de calcita consumida	D	Aplica en el nivel 1, se utiliza junto con la participación de caliza en los carbonatos (85 %) para calcular un factor de emisión general. Se deriva por estequiometría del CO ₂ liberado de la calcinación de calcita. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.7, Cuadro 2.1
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la calcinación de la dolomita	0.47732	toneladas de CO ₂ / toneladas de dolomita consumida	D	Aplica en el nivel 1, se utiliza junto con la participación de dolomita en los carbonatos (15 %) para calcular un factor de emisión general. Se deriva por estequiometría del CO ₂ liberado de la calcinación de dolomita. Fuente: G Directrices del IPPC de 2006. L2006. Vol. 3, p. 2.7, Cuadro 2.1
Participación por defecto de carbonatos consumidos por tipo (% de caliza / % de dolomita)	85 / 15	% de caliza / % de dolomita	D	Se indica que es la relación por defecto al desconocerse los tipos de carbonatos consumidos. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.38
Factor de pérdidas por defecto (Relación de arcilla usada y cerámico producido)	1.1	fracción	D	Se indica que es la relación a considerar por defecto para calcular masa de arcilla utilizada. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.41

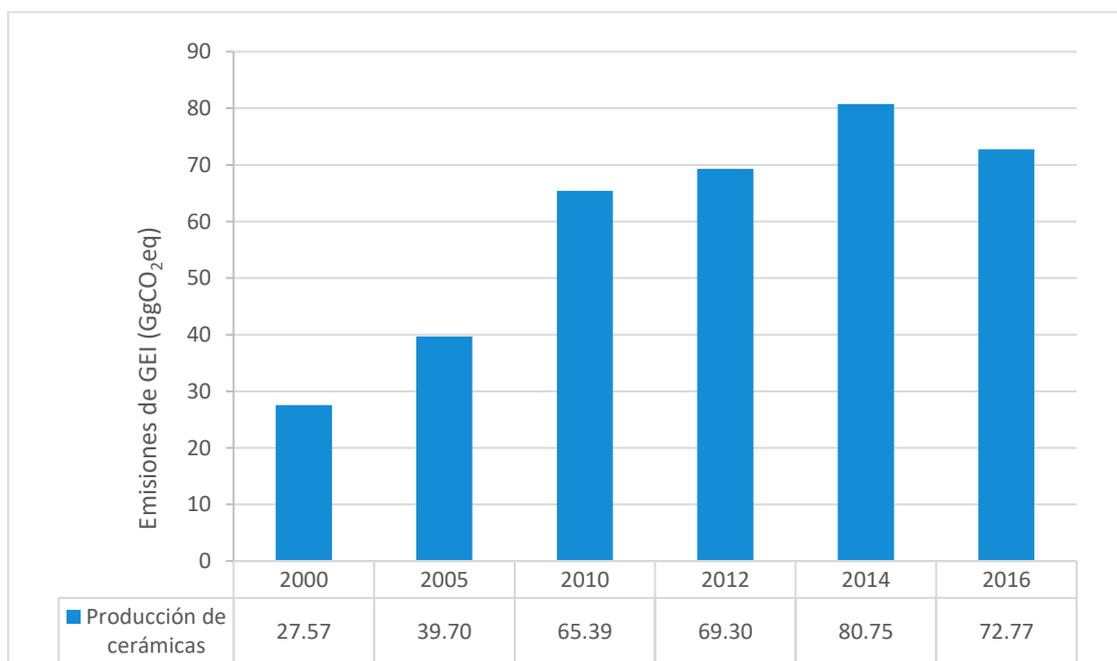
Dato	Valor	Unidad	Calculado (C)/ Por Defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Contenido por defecto de carbonatos en las arcillas	10	%	D	Aplica como valor por defecto al desconocerse el contenido de carbonatos de las arcillas. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.38

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.4.4 Análisis de resultados

Las emisiones estimadas de CO₂ de la producción de cerámicas (con alcance ladrillos) alcanzaron el valor de 72.77 Gg de CO₂ eq para el año 2016. Se aprecia una disminución de 10% en relación al año 2014, un incremento del 5% en relación al año 2012 y un incremento de 164% respecto al año 2000. En todo el periodo se mantiene una tendencia ascendente con un crecimiento anual promedio de 0.69 %. La Figura 17 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

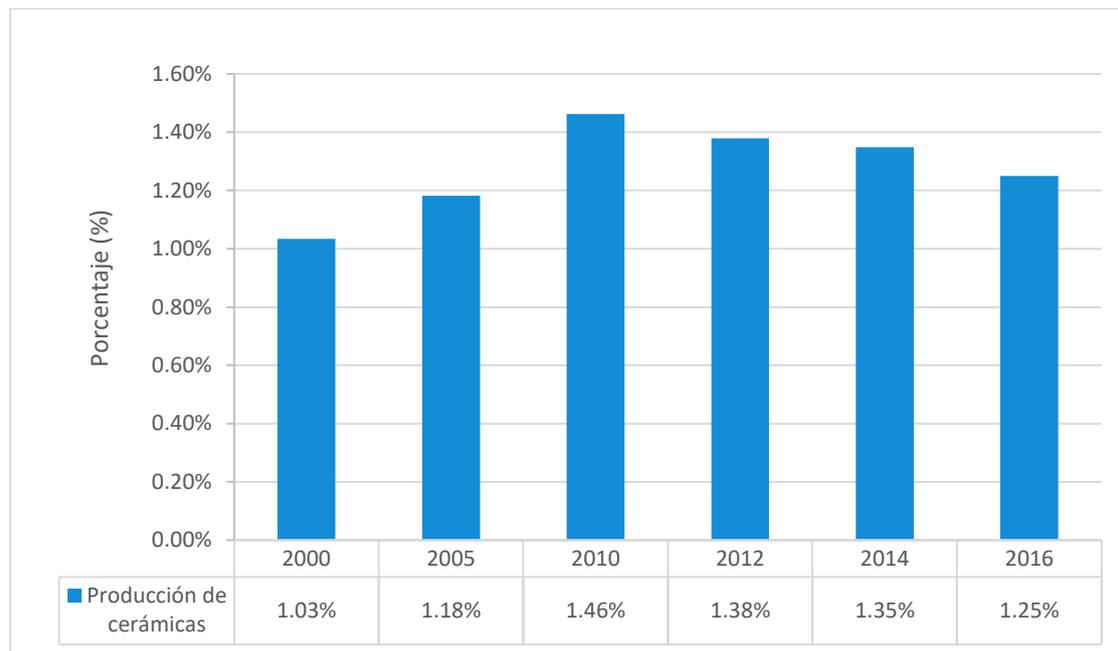
Figura 17. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Las emisiones derivadas de la producción de ladrillos en el año 2016 representaron el 1.25 % de las emisiones del sector PIUP. Esta participación no ha variado significativamente desde el año 2000, cuando fue de 1.03 %.

Figura 18. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.4.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006³⁷. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000³⁸ (ver Ecuación 6.4). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión por defecto utilizado en la estimación se le atribuye la incertidumbre de la pureza de la piedra carbonatada (de caliza y dolomita), (ver Tabla 43), por lo cual se ha considerado un valor medio del rango de incertidumbre que es igual a $\pm 3\%$.

Tabla 43. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
1 – 5 %	Hipótesis de una cierta pureza para la fracción de piedra caliza y de dolomita	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.24

³⁷ Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.24

³⁸ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

La incertidumbre asociada al dato de actividad es igual a $\pm 2.83\%$ que es el resultado de la combinación de dos incertidumbres (del pesaje o a las proporciones de carbonatos, para toda industria considerada y del análisis químico global en relación con el contenido y la identidad de los carbonatos), (ver Tabla 44).

Tabla 44. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Cerámicas

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
1 – 3 %	Pesaje o a las proporciones de carbonatos, para toda industria considerada	1
1 – 3 %	Análisis químico global en relación con el contenido y la identidad de los carbonatos	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006 Vol. 3, p. 2.24

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 4.12\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 0.02\%$ (ver Tabla 45).

Tabla 45. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR							
A		B	E	F	G	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales	
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %	
2			Procesos Industriales y uso de productos				
2A	Industria de los minerales						
	2A4	Otros usos de Carbonatos					
	2A4a	Producción de Cerámicas	CO ₂	2.83%	3.00%	$\pm 4.12\%$	$\pm 0.06\%$

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.1.4.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014, en el que se utilizaron los datos de producción de ladrillo³⁹ y se aplicó el mismo método de cálculo descrito para el presente RAGEI.

La Tabla 46, describe los valores de los datos nacionales utilizados y sus fuentes de información.

Tabla 46. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ladrillo de techo (hueco)	113,039.00	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción de ladrillo king kong	146,451.00	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción de ladrillo pandereta	167,386.00	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf

³⁹ Para la producción de ladrillos se utilizaron dos fuentes de distinto origen, pero complementarias siendo en ambos casos el informante el Ministerio de la Producción. Por un lado, para los años 2012 y 2014 se utilizó como fuente el Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015 y por el otro, para los años 2000, 2005 y 2010 se utilizaron las Series Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática. En ambos casos, los valores se encuentran en unidades. Para los años 2000, 2005 y 2010, los valores de producción de ladrillos no están diferenciados en tipos y se usó el promedio general del peso de ladrillos.

Producción de otros ladrillos para muro	9,360.00	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Masa promedio por unidad de ladrillo de techo (hueco)	7.14	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de ladrillo king kong	2.97	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	2.23	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro / Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	3.54	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ladrillo de techo (hueco)	97,527.39	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción de ladrillo king kong	103,901.17	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf

Producción de ladrillo pandereta	151,128.83	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción de otros ladrillos para muro	20,544.15	millar de unidades	Dato reportado en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015</i> . Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Masa promedio por unidad de ladrillo de techo (hueco)	7.14	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de ladrillo king kong	2.97	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	2.23	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro / Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	3.54	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Fabricación de ladrillos (king kong, pandereta, techo, pastelero)	376,749.10	millar de unidades	Dato reportado en: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Serie Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/

Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	3.54	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Fabricación de ladrillos (king kong, pandereta, techo, pastelero)	228,700.83	millar de unidades	Dato reportado en: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/
Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	3.54	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Fabricación de ladrillos (king kong, pandereta, techo, pastelero)	158,851.59	millar de unidades	Dato reportado en: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). <i>Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/
Masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	3.54	kilogramo (kg)	Dato obtenido de: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Acta de estimación de masas promedios para ladrillos para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.4.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.1.4.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 47.

Tabla 47. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Otros usos de carbonatos - Cerámicas

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Comparación de las estimaciones de las emisiones obtenidas con los diferentes métodos</p> <p>Las estimaciones de emisiones derivadas de cualquier Nivel pueden compararse con las de otros Niveles, aun cuando el método del Nivel 3 pueda estar dando cuenta de especies de carbonatos adicionales no incluidas en los análisis de Nivel 1 ni de Nivel 2. Si se supone que la misma fracción de calcinación alcanzada se emplea para todos los Niveles, las emisiones estimadas con los métodos respectivos serán probablemente similares en magnitud, si se considera que la piedra caliza y la dolomita tienden a contribuir con el mayor porcentaje de emisiones para estas fuentes.</p>	<p>No se realizaron las comparaciones ya que no se aplica métodos de niveles superiores al 1.</p>
<p>Verificación de los datos de la actividad</p> <p>Dado que la piedra caliza, la dolomita y otros carbonatos se consumen en una variedad de industrias, puede que haya una cantidad de fuentes de datos diferentes disponibles que contengan información sobre el consumo de carbonatos en las industrias respectivas. Por ejemplo, los datos para el consumo de piedra caliza en varias instalaciones de la industria del hierro y del acero podrían compararse para ver si la cantidad de fundentes utilizados es similar, en proporción a la producción al nivel de las instalaciones.</p> <p>También, la información específica de la planta sobre el uso de piedra caliza, dolomita y otros carbonatos como fundentes puede compararse con las estadísticas de las asociaciones industriales. Estas estadísticas pueden, a su vez, compararse con las estadísticas de nivel nacional sobre la piedra caliza, la dolomita y otros consumos de carbonatos.</p> <p>Suele ser útil examinar las tendencias de los datos de la actividad a través del tiempo para ver si se producen grandes fluctuaciones de un año para otro. Los compiladores del inventario deben ser cautos al sacar conclusiones basadas en los datos de tendencias, pues en estas estadísticas puede haber grandes fluctuaciones entre año y año.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento. Se utilizó una fuente de información gubernamental para la estimación para el nivel 1 que no describía tipos de carbonatos utilizados. No se realizó comparaciones con otras fuentes de información y se cuenta con información representativa del sector.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.44

6.1.4.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.1.4.8 Sigüientes pasos

La estimación solo ha tenido como alcance la producción de ladrillos y sin incluir a otros productos cerámicos porque no se contaba con información de la producción en masa de otros productos. El siguiente paso, será revisar fuentes de información sobre cerámicos que incluya otros tipos de cerámicos diferentes a los ladrillos, e investigar y realizar consultas con expertos de las empresas para mejorar la comprensión sobre estos productos cerámicos y sus diversas características.

Asimismo, se ha de revisar la identificación de las principales empresas productoras (cerámicos y ladrillos) para evaluar la posibilidad de obtener información de las plantas en los futuros inventario. Para la identificación se puede utilizar información actualizada de los Directorios de empresas de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes).

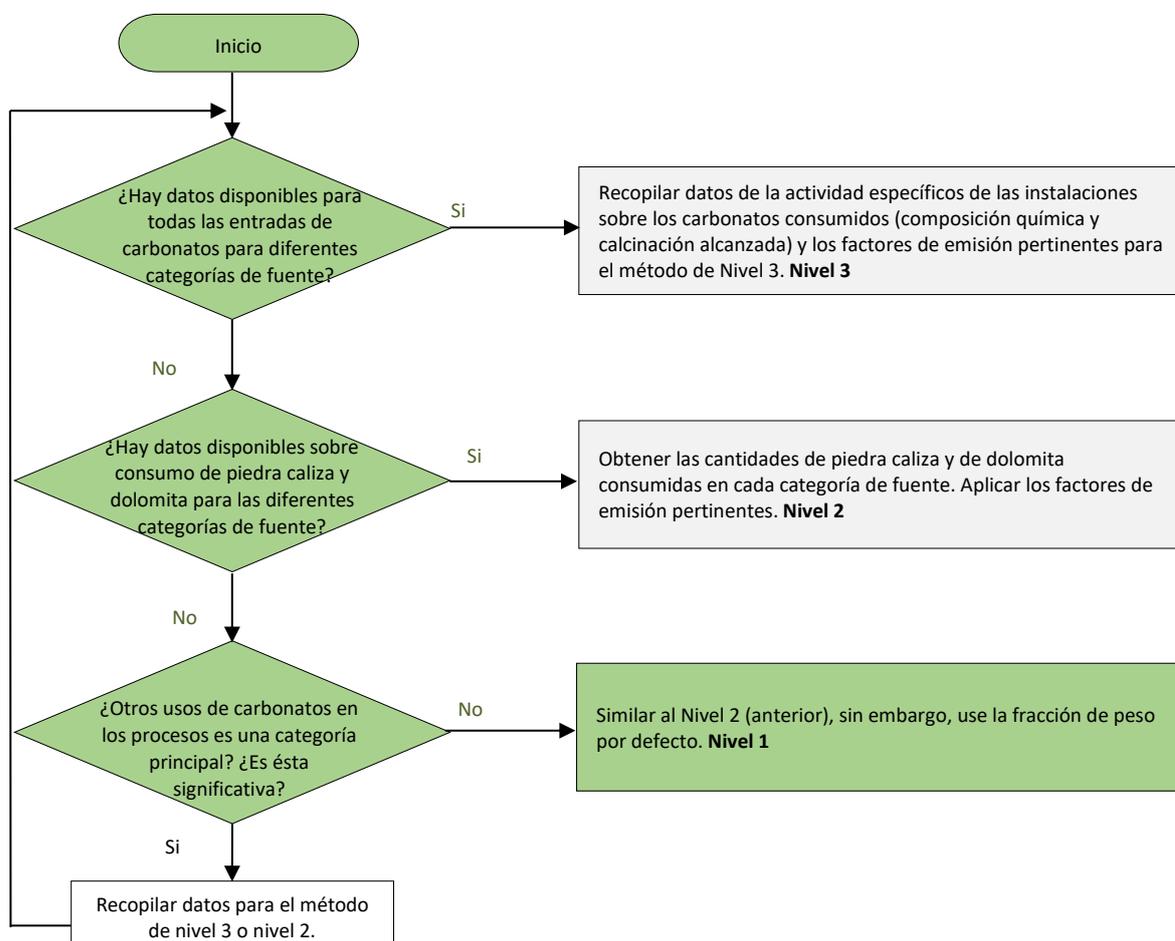
6.1.5 Subcategoría 2A4b: Otros usos de ceniza de soda (carbonato de sodio)

Forma parte de la subcategoría 2A4 de otros usos de carbonatos en los procesos. La fuente 2A4b se define como las emisiones por el uso de cenizas de soda que no se incluyeron en ningún otro lugar (la ceniza de soda usada para la producción de vidrio debe declararse en 2A3) (IPCC, 2006)⁴⁰. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono. Cabe señalar que el carbonato de sodio es el equivalente a la ceniza de soda y en el presente reporte se utiliza ambos como sinónimos.

6.1.5.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 19.

Figura 19. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Soda



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.40

⁴⁰ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

A nivel nacional no existen datos disponibles sobre entradas de carbonatos utilizados en la producción de ceniza de sosa ni tampoco datos de consumo de piedra carbonatada. Considerando que no es una categoría principal, la aplicación del árbol de decisiones recomienda aplicar para el presente RAGEI factores por defecto y usar valores de masa, lo que corresponde a un nivel 1 de cálculo (ver Tabla 48).

Tabla 48. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa	Masa de ceniza de sosa consumida en los procesos, toneladas	Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	1
			Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	
			Producción de carbonato de sodio	
			Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La siguiente ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1.

Ecuación de emisiones de CO₂, Nivel 1 – Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_c \times EF_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

Donde:

- Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de otros usos del carbonato de sodio en los procesos, toneladas
- M_c = masa de carbonato consumido (carbonato de sodio), toneladas
- EF_{Na₂CO₃} = factor de emisión para el consumo de carbonato de sodio, toneladas de CO₂/toneladas de carbonato

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2

Dado que lo que se desea obtener es la masa consumida de ceniza de sosa (M_c) pero no existen fuentes de información que reporten este dato directamente, se optó por estimarlo de manera indirecta a partir de la información obtenida de producción, importación, exportación y consumo del carbonato de sodio para vidrio (que debe ser restado en esta subcategoría para evitar doble contabilidad⁴¹). El esquema de cálculo descrito con la siguiente ecuación describe la determinación de M_c, donde la masa de carbonato de sodio consumido para otros usos es igual a la suma de la masa producida e importada de carbonato de sodio menos la masa exportada y consumida para producción de vidrio.

⁴¹ En la subcategoría 2A3 ya se contabilizan las emisiones de CO₂ del consumo de carbonato de sodio en la producción de vidrio.

Ecuación de cálculo de masa de carbonato consumido – Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

$$\text{Consumo local para otros usos (M}_c\text{)} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} - \text{Consumo local para vidrio}$$

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

A continuación, se muestra la ecuación que describe el cálculo de la masa de carbonato consumido para la producción de vidrio, cuyo resultado debe ser descontado de la estimación de las emisiones de otros usos de ceniza de sosa, para evitar doble contabilidad.

Ecuación de cálculo de masa de carbonato consumido para vidrio – Otros usos de la Ceniza de Sosa

$$\text{Consumo local de carbonato de sodio para vidrio} = M_g \times (1 / 0.84) \times 0.2$$

Donde:
 M_g = masa de vidrio producido, toneladas – ver Subcategoría 2A3: Producción de vidrio
 1 / 0.84 representa la relación de materia prima y vidrio producido (de acuerdo a la composición típica para el factor de emisión por defecto)
 0.2 es la participación de la ceniza de sosa (carbonato de sodio) en la arena mezcla para producir vidrio (convertida de porcentaje a fracción)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2

6.1.5.2 Datos de actividad

El nivel de actividad ha sido obtenido a partir de estadísticas nacionales del gobierno. La Tabla 49 describe la información utilizada.

Tabla 49. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa	Masa de ceniza de sosa consumida en los procesos, toneladas	Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	101,066,369.40	kilogramos (kg)	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2017). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estudios Económicos.
			Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	12,546,500.00	kilogramos (kg)	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2017). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estudios Económicos.
			Producción de carbonato de sodio	439,334.50	kilogramos (kg)	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2017). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados.

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
			Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	41,946.70	Tonelada (t)	Ministerio de la Producción. (2017). Datos reportados por las empresas y recopilados en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE 2019).

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Aunque no se cuenta con datos de entradas de carbonatos en plantas, sí se obtuvo información de estadísticas nacionales de carbonato de sodio sobre producción, importación y exportación por ser un insumo químico fiscalizado por ley⁴². La producción, importación y exportación de carbonato de sodio, y su consumo local para la producción de vidrio, son los datos nacionales utilizados para calcular el nivel de actividad de la masa de carbonato consumido. El consumo de carbonato de sodio de la producción de vidrio se calculó de acuerdo a la ecuación presentada anteriormente en base al dato nacional de producción de vidrio (ver Subcategoría 2A3: Producción de vidrio) y considerando la relación entre materia prima y producto, y la composición típica por defecto de la materia prima (arena mezcla) (ver datos de la Tabla 50).

6.1.5.3 Factores de emisión y conversión

El Factor de emisión por defecto de CO₂ para el uso de la ceniza de sosa que se aplica en la ecuación de “Emisiones de CO₂, Nivel 1 de la subcategoría: Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa” es de 0.41492 toneladas de CO₂ / toneladas de carbonato de sodio consumido y se deriva por estequiometría de la reacción de la calcinación del carbonato de sodio.

La Tabla 50 describe el factor de emisión por defecto utilizado. Asimismo, se indican los valores de la relación de materia prima y vidrio producido y la participación del carbonato de sodio en la arena mezcla para aplicar en la ecuación de “Cálculo de masa de carbonato consumido para vidrio – Otros usos de la Ceniza de Sosa”.

Tabla 50. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para el uso de la ceniza de sosa (carbonato de sodio)	0.41492	toneladas de CO ₂ / toneladas de ceniza de sosa utilizada	D	Aplica por defecto en un nivel 1, se deriva por estequiometría del CO ₂ liberado de la calcinación de carbonato de sodio. Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 2.33 y Vol. 3, p. 2.7, Cuadro 2.1

⁴² No para todos los años. El dato de producción solo se tiene para los años 2014 y 2016 (verificar si es necesario este pie de página).

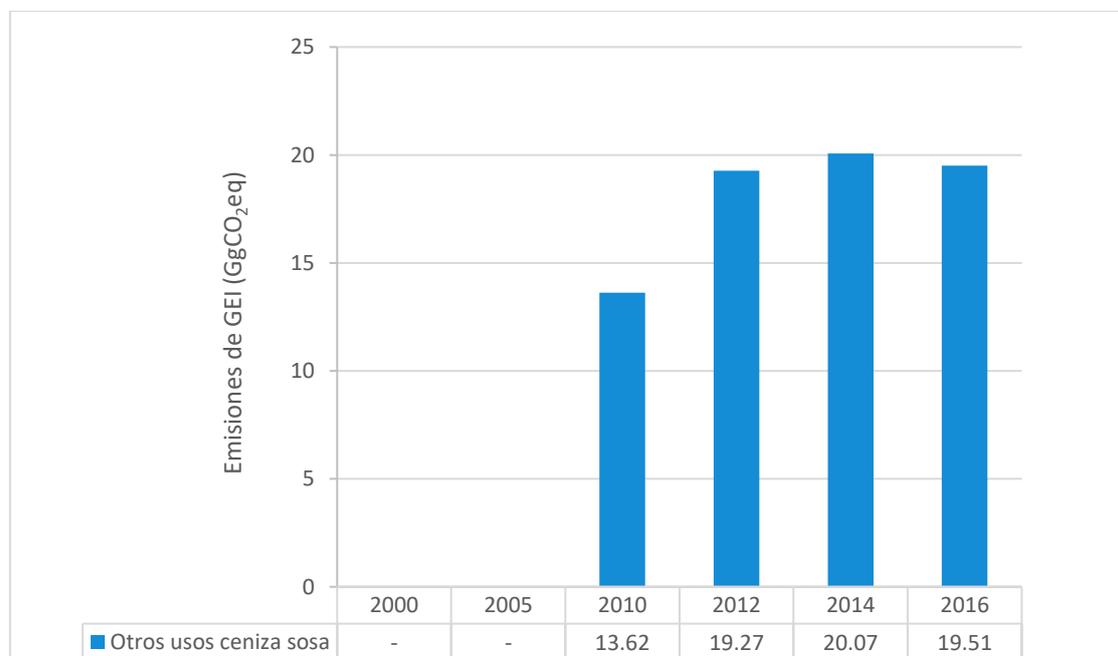
Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Relación de materia prima y vidrio producido (de acuerdo a la composición típica para el factor de emisión por defecto)	1 / 0.84	fracción arena mezcla / vidrio producido	D	Se considera para calcular la masa de carbonato de sodio usado para la producción de vidrio en 2A3 y descontarla de esta fuente de emisión. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.33
Participación de la ceniza de sosa (carbonato de sodio) en la arena mezcla para producir vidrio	20	%	D	Se considera para calcular la masa de carbonato de sodio usado para la producción de vidrio en 2A3 y descontarla de esta fuente de emisión. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.33

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.5.4 Análisis de resultados

Las emisiones estimadas de CO₂ de otros usos de ceniza de sosa alcanzan el valor de 19.51 Gg de CO₂ eq para el año 2016. Se aprecia una disminución del 3 % en relación al año 2014, un incremento del 1 % en relación al año 2012, y un aumento de 43% respecto al año 2000. En el marco del RAGEI 2014, para los años 2000 y 2005 se calculó un consumo nulo de ceniza de sosa para otros usos y por lo tanto las emisiones estimadas resultantes son también nulas. La Figura 20 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

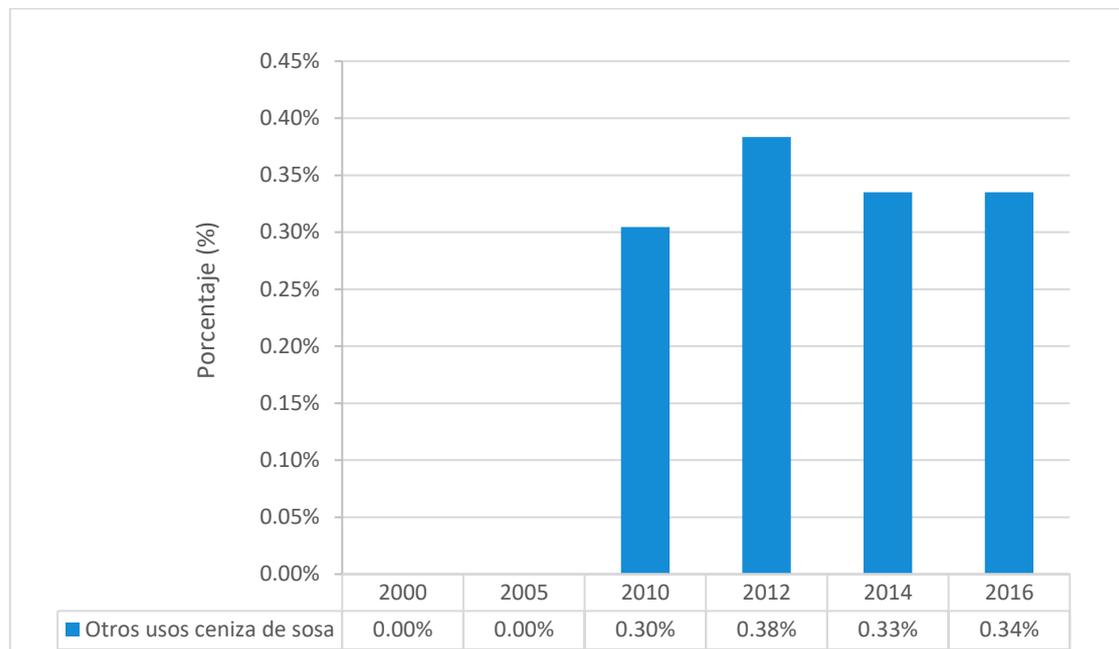
Figura 20. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Las emisiones de otros usos de ceniza de sosa en el año 2016 representaron el 0.33 % de las emisiones del sector PIUP. La Figura 21 describe la participación porcentual de esta fuente para todos los años evaluados.

Figura 21. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.5.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006⁴³. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000⁴⁴ (ver Ecuación 6.4). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión por defecto utilizado en la estimación se le atribuye la incertidumbre de la pureza de la piedra carbonatada (de caliza y dolomita)⁴⁵, por lo cual se ha considerado un valor medio del rango de incertidumbre $\pm 3\%$ (ver Tabla 51).

Tabla 51. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión – Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
1 – 5 %	Hipótesis de una cierta pureza para la fracción de piedra caliza y de dolomita	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.24

⁴³ Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.24

⁴⁴ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

⁴⁵ Se indica en las Directrices del IPPC de 2006 por defecto para la subcategoría de otros usos de carbonatos, pero es preciso mencionar que en este caso el carbonato es carbonato de sodio (ceniza de sosa)

La incertidumbre asociada al dato de actividad es igual a $\pm 2.83\%$ que es el resultado de la combinación de dos incertidumbres (del pesaje o a las proporciones de carbonatos, para toda industria considerada y del análisis químico global en relación con el contenido y la identidad de los carbonatos), (ver Tabla 52).

Tabla 52. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
1 – 3 %	Pesaje o a las proporciones de carbonatos, para toda industria considerada	1
1 – 3 %	Análisis químico global en relación con el contenido y la identidad de los carbonatos	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 2.24

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 4.12\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 0.02\%$ (ver Tabla 53).

Tabla 53. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR								
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A	B	E	F	G	M		
	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales		
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\sqrt{K^2 + L^2}$		
			%	%	%	%		
2			Procesos Industriales y uso de productos					
2A	Industria de los minerales							
	2A4		Otros usos de Carbonatos					
		2A4b	Otros usos de la Ceniza de Sosa	CO ₂	2.83%	3.00%	$\pm 4.12\%$	$\pm 0.02\%$

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.1.5.6 Análisis de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014, en el que se aplicó el mismo método descrito en

el presente RAGEI, donde el nivel de actividad se obtiene a partir de datos nacionales de importación, exportación⁴⁶, producción⁴⁷ y consumo en la producción de vidrio⁴⁸.

La Tabla 54 resume los valores de los datos nacionales obtenidos y utilizados, y sus fuentes de información.

Tabla 54. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	98,202,915.46	kilogramos (kg)	Dato reportado en: <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística de la SUNAT (2016).
Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	10,985,900.00	kilogramos (kg)	Dato reportado en: <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística de la SUNAT (2016).
Producción de carbonato de sodio	809,576.30	kilogramos (kg)	Dato reportado en: <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados, de la SUNAT (2016).
Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	39,661.00	tonelada (t)	Dato calculado a partir de información sobre producción de vidrio recopilada de las empresas en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	96,898,752.79	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

⁴⁶ Para los valores de importación y exportación para todos los años se utilizaron los datos reportados en la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). *Sistema Integrado de Gestión Aduanera*. Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

⁴⁷ La fuente de producción fue el Registro de Operaciones - Sistema para el Control de Bienes Fiscalizados de Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados (SUNAT, 2016), que solo tiene información a partir del año 2014. Por lo que, para estimar la producción de los años 2000, 2005, 2010, 2012 se asumió una relación constante en el tiempo entre la producción y el consumo local de carbonato de sodio. Cabe indicar que para los años 2000 y 2005, los resultados obtenidos de consumo de carbonato de sodio para otros usos fueron negativos, por lo cual se consideró como nulo.

⁴⁸ El dato de consumo de ceniza de sosa para la producción de vidrio se derivó del cálculo descrito en la ecuación de "Cálculo de masa de carbonato consumido – Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa" y los valores de producción reportados por las empresas de vidrio.

Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	9,826,670.00	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Producción de carbonato de sodio	808,230.99	kilogramos (kg)	Dato estimado aplicando una relación constante entre producción y consumo local con información de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	41,441.52	tonelada (t)	Dato calculado a partir de información sobre producción de vidrio recopilada de las empresas en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	73,281,516.38	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	125,000.00	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Producción de carbonato de sodio	679,062.24	kilogramos (kg)	Dato estimado aplicando una relación constante entre producción y consumo local con información de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	41,010.19	tonelada (t)	Dato calculado a partir de información sobre producción de vidrio recopilada de las empresas en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	37,624,850.95	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	0.00	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Producción de carbonato de sodio	349,245.93	kilogramos (kg)	Dato estimado aplicando una relación constante entre producción y consumo local con información de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	41,409.78	tonelada (t)	Dato calculado a partir de información sobre producción de vidrio recopilada de las empresas en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Importaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	22,127,521.62	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Exportaciones de carbonato de sodio (en peso neto)	0.00	kilogramos (kg)	Dato reportado en: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
Producción de carbonato de sodio	205,394.75	kilogramos (kg)	Dato estimado aplicando una relación constante entre producción y consumo local con información de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

Consumo de carbonato de sodio para la producción de vidrio	40,943.05	tonelada (t)	Dato calculado a partir de información sobre producción de vidrio recopilada de las empresas en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
--	-----------	--------------	--

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.1.5.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.1.5.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 55.

Tabla 55. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Otros usos de carbonatos – Otros usos de la Ceniza de Sosa

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Comparación de las estimaciones de las emisiones obtenidas con los diferentes métodos</p> <p>Las estimaciones de emisiones derivadas de cualquier Nivel pueden compararse con las de otros Niveles, aun cuando el método del Nivel 3 pueda estar dando cuenta de especies de carbonatos adicionales no incluidas en los análisis de Nivel 1 ni de Nivel 2. Si se supone que la misma fracción de calcinación alcanzada se emplea para todos los Niveles, las emisiones estimadas con los métodos respectivos serán probablemente similares en magnitud, si se considera que la piedra caliza y la dolomita tienden a contribuir con el mayor porcentaje de emisiones para estas fuentes.</p>	<p>No se realizaron las comparaciones ya que no se dispone de información sobre el nivel de actividad para aplicar métodos de niveles superiores al 1.</p>
<p>Verificación de los datos de la actividad</p> <p>Dado que la piedra caliza, la dolomita y otros carbonatos se consumen en una variedad de industrias, puede que haya una cantidad de fuentes de datos diferentes disponibles que contengan información sobre el consumo de carbonatos en las industrias respectivas. Por ejemplo, los datos para el consumo de piedra caliza en varias instalaciones de la industria del hierro y del acero podrían compararse para ver si la cantidad de fundentes utilizados es similar, en proporción a la producción al nivel de las instalaciones.</p> <p>También, la información específica de la planta sobre el uso de piedra caliza, dolomita y otros carbonatos como fundentes puede compararse con las estadísticas de las asociaciones industriales. Estas estadísticas pueden, a su vez, compararse con las estadísticas de nivel nacional sobre la piedra caliza, la dolomita y otros consumos de carbonatos.</p> <p>Suele ser útil examinar las tendencias de los datos de la actividad a través del tiempo para ver si se producen grandes fluctuaciones de un año para otro. Los compiladores del inventario deben ser cautos al sacar conclusiones basadas en los datos de tendencias, pues en estas estadísticas puede haber grandes fluctuaciones entre año y año.</p>	<p>Se descontó el consumo de carbonato de sodio derivado de la producción de vidrio (subcategoría 2A3). Esto se estimó considerando el supuesto de la composición típica de la materia prima que se aplica en el factor por defecto para mantener coherencia con las estimaciones de 2A3.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2, p. 2.44

6.1.5.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.1.5.8 Sigüientes pasos

El carbonato de sodio es un insumo fiscalizado por ley, tanto su producción como su uso deben estar registrados. Dado que no se identificó fuente de información para la producción en años previos al 2014, el siguiente paso es seguir investigando en los registros históricos de PRODUCE. Por otro lado, se deberá revisar el consumo calculado para otros usos de ceniza de sosa para los años 2000 y 2005, para los cuales no hay información sobre las plantas productoras de vidrio y se aplicó extrapolación y valores sustitutos (ver sección 6.1.3). Las mejoras que se apliquen en la cuantificación de las emisiones de vidrio mejorarán también el cálculo de esta subcategoría.

6.2 Categoría 2B: Industria química

6.2.1 Subcategoría 2B1: Producción de amoniaco

El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2B1 como las vinculadas a la producción de amoniaco y le atribuye la siguiente definición: “el amoníaco (NH_3) es uno de los principales productos químicos industriales y el material nitrógeno más importante que se produce. El gas amoniaco se usa directamente como fertilizante, en el tratamiento de calor, para el desfibrado del papel, la fabricación de ácido nítrico y nitratos, éster de ácido nítrico y la fabricación de compuestos de nitrógeno, explosivos de diversos tipos y como refrigerante. Aminas, amidas y otros compuestos orgánicos varios, tales como la urea, se hacen a partir del amoníaco. El principal gas de efecto invernadero emitido durante la producción de NH_3 es CO_2 . El CO_2 usado en la producción de urea, un proceso posterior, debe restarse del CO_2 generado y contabilizado para el sector AFOLU” (IPCC, 2006)⁴⁹.

Asimismo, el IPCC (2006) indica que la producción de CO” se realiza de la siguiente manera “El contenido de carbono (C) del hidrocarburo se elimina del proceso en la etapa primaria de reformado al vapor y en la etapa de conversión en dióxido de carbono (CO_2) por desplazamiento, que es la principal emisión potencial de gas de efecto invernadero. Las plantas que usan hidrógeno en vez de gas natural para producir amoniaco no liberan CO_2 a partir de este proceso de síntesis” (IPCC, 2006)⁵⁰.

Como mejora en la elaboración del RAGEI 2016, se realizó la identificación de las empresas productoras de amoniaco, obteniendo que sólo una de ellas realiza la fabricación de esta sustancia a partir del proceso de hidrólisis, es decir que no utiliza gas natural durante su proceso. Por tal razón se considera que la emisión de GEI por parte de esta Subcategoría no ocurre (NO).

⁴⁹ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

⁵⁰ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 3, Capítulo 8, p. 3.8

6.2.2 Subcategoría 2B2: Producción de ácido nítrico

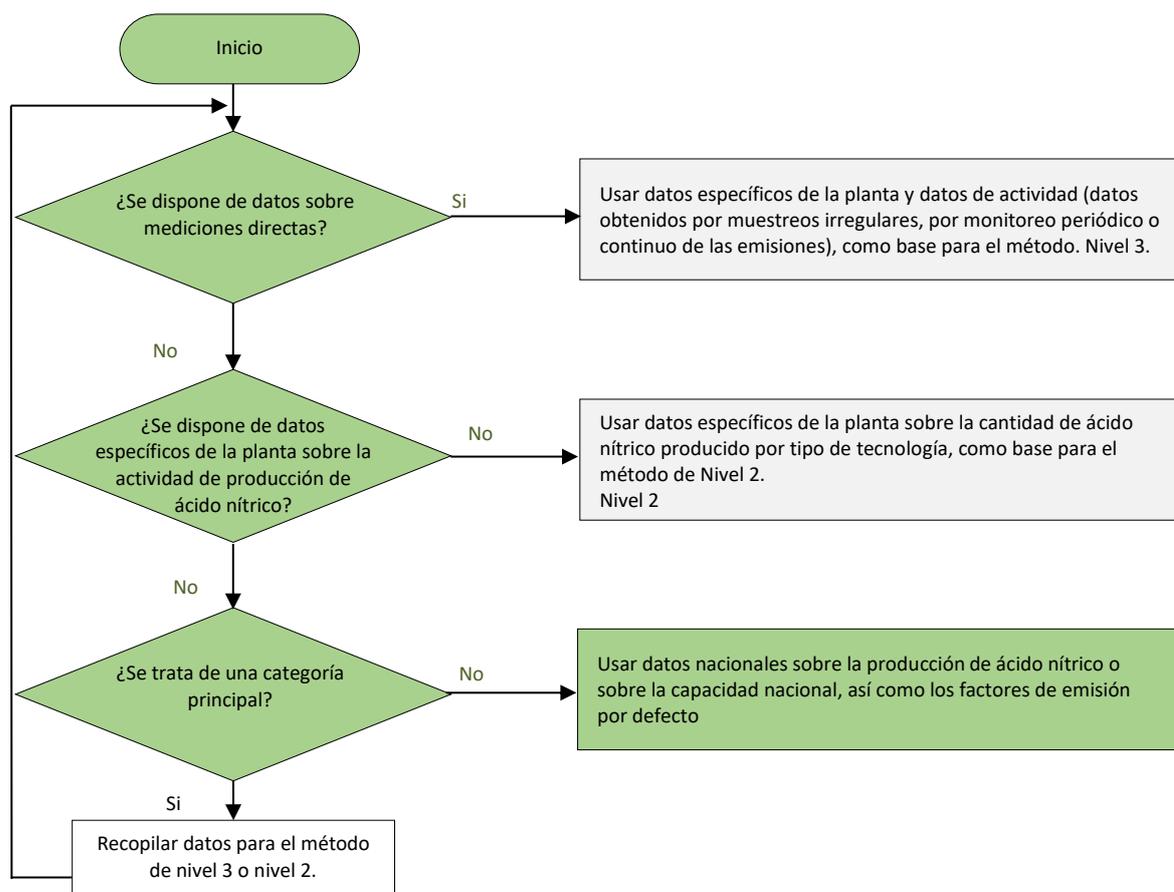
El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2B2 como las vinculadas a la producción de ácido nítrico y le atribuye la siguiente definición: “El ácido nítrico se usa principalmente como materia prima en la fabricación de fertilizantes basados en nitrógeno. El ácido nítrico puede usarse también en la producción de ácido adípico y de explosivos (por ejemplo, la dinamita), para decapado de metales y en el procesamiento de metales ferrosos. El principal gas de efecto invernadero emitido durante la producción de HNO_3 es el óxido nitroso” (IPCC, 2006)⁵¹. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de óxido nitroso (N_2O) de esta subcategoría.

6.2.2.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 22.

⁵¹ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 22. Árbol de decisión para estimar las emisiones de N₂O - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 3, p. 3.28

A nivel nacional, no se dispone de datos de las plantas sobre las mediciones directas de sus emisiones ni sobre su producción de ácido nítrico. Considerando que no es una categoría principal pero que sí se cuenta con datos nacionales agregados de la producción de amoníaco⁵², la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI factores de emisión por defecto y datos de la producción nacional agregada, lo que corresponde a un nivel 1 de cálculo. El nivel metodológico se describe en la Tabla 56.

Tabla 56. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de N₂O - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2B2	Producción de ácido nítrico	Producción de ácido nítrico, toneladas	Producción de ácido nítrico	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

⁵² Se obtuvo esta información para los años 2016 y 2014.

La Ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de óxido nítrico en el nivel 1.

Ecuación 3.5. Emisiones de N₂O, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

EMISIONES DE N₂O DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO – NIVEL 1
Emisiones de N₂O = EF x NAP

Donde:

Emisiones de N₂O = emisiones de N₂O, kilogramos

EF = factor de emisión de N₂O (por defecto), kg. de N₂O / toneladas de ácido nítrico producido

NAP = producción de ácido nítrico, toneladas

Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 3, p. 3.19. Ecuación 3.5

6.2.2.2 Datos de actividad

El nivel de actividad ha sido determinado a partir de las estadísticas nacionales. La Tabla 57 describe la información utilizada.

Tabla 57. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2B2	Producción de ácido nítrico	Producción de ácido nítrico, toneladas	Producción de ácido nítrico	47,101.88	tonelada (t)	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2017). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

En un nivel 1, la producción de ácido nítrico se multiplica por un factor por defecto. El ácido nítrico es un insumo químico fiscalizado por ley y la SUNAT cuenta con el registro sobre su producción a partir del año 2014. El dato nacional utilizado es la producción de ácido nítrico y las emisiones son calculadas con la Ecuación, el valor del dato nacional para el año 2016 se describe en la Tabla 57.

6.2.2.3 Factores de emisión y conversión

La Tabla 58, se describe el factor de emisión utilizado que se seleccionó de los valores por defecto de las Directrices del IPPC de 2006 siguiendo sus recomendaciones de buenas prácticas.

Tabla 58. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

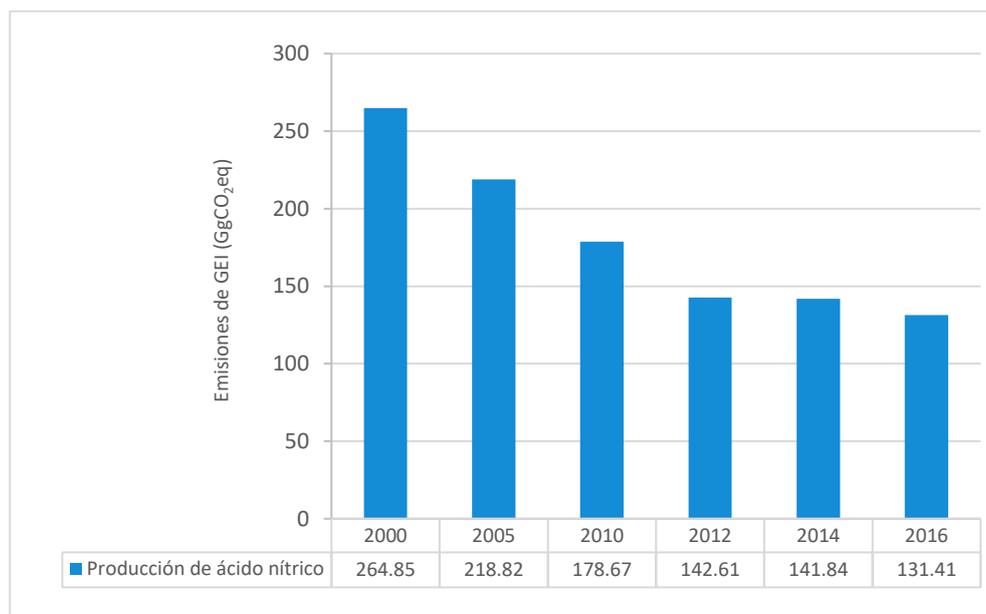
Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de N ₂ O	9	kg de N ₂ O / tonelada de ácido nítrico producido	D	Aplica como valor por defecto en un nivel 1. Se selecciona como buena práctica el valor más elevado. En este caso corresponde a procesos de plantas de alta presión. Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 3.21, 3.22

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.2.4 Análisis de resultados

Las emisiones de N₂O de la producción de ácido nítrico se estiman tienen un valor de 131.41 Gg de CO₂ eq para el año 2016. Estas emisiones presentan una disminución de 7 % en relación al año 2014 y de 50% en relación al 2000. La tendencia entre el año 2000 y 2016 es en promedio decreciente. La Figura 23 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

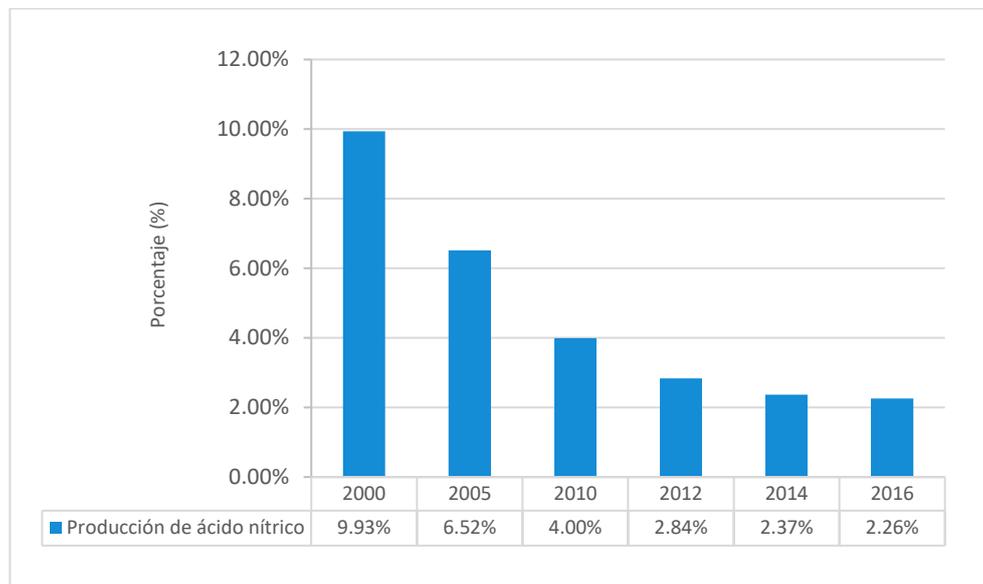
Figura 23. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de ácido nítrico es la más importante de la categoría de industria química del sector PIUP representando el 99.95 % de las emisiones en CO₂ eq de dicha categoría en el año 2016. Sin embargo, también se puede observar que su participación en las emisiones totales del sector en el tiempo ha descendido de 9.93 % en el año 2000 a 2.26 % en el 2016. Cabe recordar que solo se contó con datos reales sobre la actividad para los años 2014 y 2016.

Figura 24. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.2.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006⁵³. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000⁵⁴ (ver Ecuación 6.4). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión por defecto utilizado en la estimación (correspondiente a plantas de alta presión) se le atribuye una incertidumbre por defecto de $\pm 40\%$ (ver Tabla 59).

Tabla 59. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
40 %	Factor de emisión por defecto de N ₂ O de Plantas a alta presión	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 3.22, Cuadro 3.3

Las Directrices del IPPC de 2006 señala como buena práctica obtener estimaciones de incertidumbre al nivel de la planta, las cuales deberían ser menores que los valores de incertidumbre asociados a los valores por defecto. Sin embargo, para la estimación se utilizó

⁵³ Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 3.24

⁵⁴ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

información de estadísticas nacionales agregadas, sin diferenciar tecnologías, es por ello que se aplicó el factor por defecto recomendado, que tiene los valores más altos de emisión. Por tanto, si se conociera la tecnología, se podría esperar una reducción de la incertidumbre.

Por otro lado, para el dato de actividad se utilizó el valor de incertidumbre de $\pm 2\%$ que recomienda las Directrices del IPPC de 2006 cuando no se dispone de información (ver Tabla 60).

Tabla 60. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
2 %	Datos de la actividad cuando no se dispone de información	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 3.24

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 40.05\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 0.08\%$ (Ver tabla 61). Es importante acotar que, en el caso de las estimaciones de la serie temporal, debido a que solo se disponía de un dato real para el año 2014 se tuvo que completar vacíos de información (aplicando extrapolación y aplicando una relación constante y por tanto la incertidumbre podría ser mayor en la serie temporal).

Tabla 61. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR

Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A Categoría del IPCC	B Gas	E Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	F Incertidumbre en el factor de emisión	G Incertidumbre combinada	M Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %

2	Procesos Industriales y uso de productos						
---	---	--	--	--	--	--	--

2B	Industria química						
2B2	Producción de Ácido Nítrico	N ₂ O	2.00%	40.00%	$\pm 40.05\%$	$\pm 0.08\%$	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.2.2.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014, los cuales se obtuvieron aplicando el mismo método de cálculo utilizado para el presente RAGEI. Y con respecto a las fuentes de información, éstas variaron según la disponibilidad de información⁵⁵ para cada año.

La Tabla 62 presenta los valores de los datos nacionales obtenidos y utilizados, y sus fuentes de información.

Tabla 62. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ácido nítrico	50,837.78	tonelada (t)	Dato obtenido de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados. Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados.
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ácido nítrico	51,114,366.99	tonelada (t)	Dato obtenido aplicando una constante de relación entre producción y consumo local, a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados.</i> Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera.</i> Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

⁵⁵ Los datos para los años 2014 y 2016, se obtuvieron del Registro de Operaciones - Sistema para el Control de Bienes Fiscalizados de la Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizado de la SUNAT. Para obtener datos de producción de los años 2010 y 2012 se asumió una relación constante en el tiempo entre la producción y el consumo local de ácido nítrico, la cual fue calculada en 0.9238 a partir de los valores del año 2014 de producción, exportación e importación de amoniaco. El consumo local se consideró como el resultado de la suma de la producción y la importación menos la exportación. Los valores de exportación e importación se tomaron del Sistema Integrado de Gestión Aduanera de la Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística de la SUNAT (2016). Debido a que la importación y exportación registrada para los años 2005 y 2000 era nula, no se aplicó la relación para estos años y la producción se estimó por extrapolación lineal con los datos de producción calculados del 2010 y 2012, y el reportado del 2014.

2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ácido nítrico	64,037,811.73	tonelada (t)	Dato obtenido aplicando una constante de relación entre producción y consumo local, a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ácido nítrico	78,430,046.72	tonelada (t)	Dato obtenido por extrapolación y aplicando una constante de relación entre producción y consumo local, a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de ácido nítrico	94,930,090.75	tonelada (t)	Dato obtenido por extrapolación y aplicando una constante de relación entre producción y consumo local, a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.2.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.2.2.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPCC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 63.

Tabla 63. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Ácido Nítrico

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Comparación de las estimaciones de emisiones mediante diferentes métodos Si se calculan las emisiones empleando datos de plantas individuales de ácido nítrico (método «de abajo hacia arriba»), los compiladores del inventario deben comparar las estimaciones con las emisiones calculadas empleando los datos nacionales de producción (método «de arriba hacia abajo»). Deben registrar los resultados e investigar todas las discrepancias no explicadas. Dado que las categorías de fuente del N₂O industrial son relativamente pequeñas comparadas con otras fuentes antropogénicas o naturales, no es factible comparar las emisiones con las tendencias medidas en la concentración de N₂O atmosférico.</p>	<p>El procedimiento no es aplicable dado que se usó un factor de emisión por defecto.</p>
<p>Datos al nivel de planta Los compiladores del inventario deben archivar suficiente información para permitir una revisión independiente de las emisiones de la serie temporal a partir del año de base y para explicar las tendencias en las emisiones al realizar comparaciones históricas. Esto es particularmente importante en los casos en que la repetición de los cálculos es necesaria, por ejemplo, cuando un compilador cambia de un uso de valores por defecto hacia valores reales determinados al nivel de la planta.</p>	<p>El procedimiento no es aplicable dado que no se utilizó información de plantas de producción sino información de estadísticas nacionales agregadas.</p>
<p>Revisión de las mediciones directas de las emisiones Si se dispone de mediciones de N₂O al nivel de planta, los compiladores deben confirmar que se han utilizado métodos estándar reconocidos internacionalmente. Si las prácticas de medición no cumplen con este criterio, entonces se debe evaluar el uso de tales datos de emisiones. Además, deben reconsiderar las estimaciones de la incertidumbre a la luz de los resultados de la GC/CC. Los compiladores del inventario deben comparar los factores basados en la planta con los valores por defecto del IPCC para garantizar que los factores específicos de la planta sean razonables. Deben explicar y documentar todas las diferencias entre los factores específicos de planta y los factores por defecto y en particular, toda diferencia en las características de la planta que pueda conducir a estas diferencias.</p>	<p>El procedimiento no es aplicable dado que no se utilizó información de plantas de producción sino información de estadísticas nacionales agregadas.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 3, pp. 3.24 y 3.25

6.2.2.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.2.2.8 Sigüientes pasos

Dado que no se identificó fuente de información para la producción en años previos al 2014, el siguiente paso es profundizar en investigar en los registros históricos⁵⁶. En todo caso, se deberá solicitar datos de la producción, exportación e importación de ácido nítrico nuevamente abarcando la mayor cantidad de años posibles (incluyendo años para los cuales no se genera INGEI) de tal modo que se mejore la extrapolación y la relación aplicadas. En tal sentido, se debe reiterar la solicitud de información a la INIQBF de la SUNAT como actual responsable del registro de insumos y bienes fiscalizados por ley. Asimismo, se recomienda considerar que probablemente se requerirá la revisión de archivos no sistematizados y por tanto el tiempo de espera para la respuesta puede ser más largo.

6.2.3 Subcategoría 2B7: Producción de ceniza de sosa (carbonato de sodio)

El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2B7 como las vinculadas a la producción de carbonato de sodio (o ceniza de sosa), estableciendo la siguiente definición: “La ceniza de sosa (carbonato de sodio, Na_2CO_3) es un sólido cristalino blanco que se emplea como materia prima en un gran número de industrias, incluida la fabricación de vidrio, jabón y detergentes, la producción de pulpa y de papel, así como en el tratamiento de las aguas. Las emisiones de CO_2 por la producción de ceniza de sosa varían conforme al proceso de fabricación. Se pueden utilizar cuatro procesos diferentes para producir ceniza de sosa. Tres de estos procesos, el del monohidrato, el del sesquicarbonato sódico (trona) y el de la carbonización directa, son designados como procesos naturales. El cuarto, el proceso de Solvay, se clasifica como proceso sintético” (IPCC, 2006)⁵⁷. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría. Cabe indicar, que en los títulos de esta sección se ha decidido utilizar el término carbonato de sodio (en lugar de ceniza de sosa) por ser el más referido en las fuentes de información nacionales.

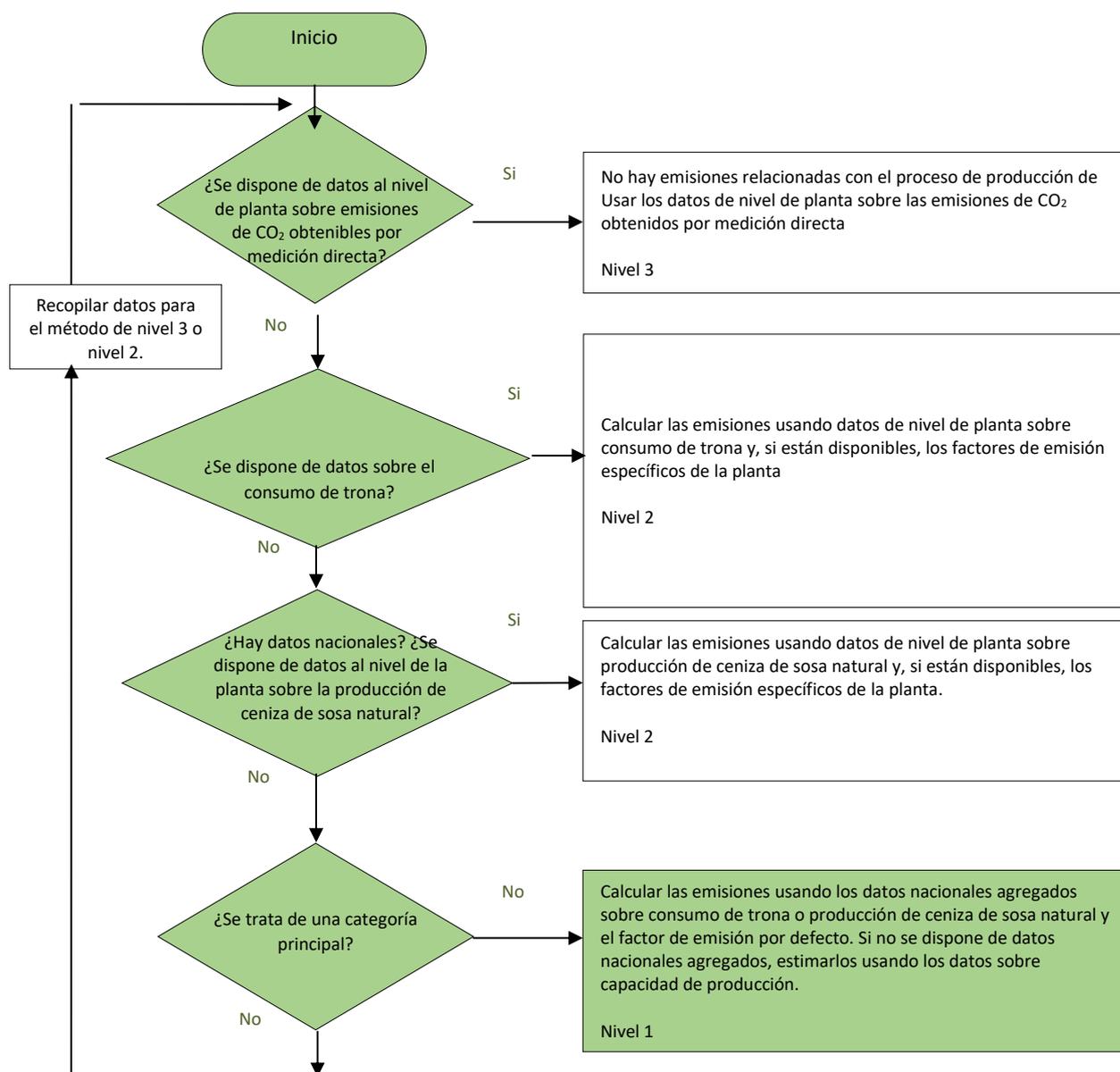
6.2.3.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 25.

⁵⁶ El ácido nítrico es un insumo fiscalizado por ley, tanto su producción como su uso deben estar registrados. Aunque se realizó la solicitud, no se obtuvo información de la DGPR-PRODUCE ni de SUNAT.

⁵⁷ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 25. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 3, p. 3.54

A nivel nacional, no se dispone de datos de las plantas sobre las mediciones directas de sus emisiones, su producción de ceniza de sosa ni su consumo de trona. Considerando que no es una categoría principal pero que sí se cuenta con datos nacionales agregados de la producción de carbonato de sodio (ceniza de sosa)⁵⁸, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI factores de emisión por defecto y datos de la producción

⁵⁸ Solo se obtuvieron datos de los años 2014 y 2016.

nacional agregada, lo que corresponde a un nivel 1 de cálculo. El nivel metodológico se describe en la Tabla 64.

Tabla 64. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2B7	Producción de carbonato de sodio	Ceniza de sosa producida o cantidad de mineral trona utilizado para su producción, toneladas	Producción de carbonato de sodio	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La siguiente ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1.

Ecuación 3.14. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

EMISIONES DE CO₂ DE LA PRODUCCIÓN DE CENIZA DE SOSA NATURAL – NIVEL 1

Emisiones de CO₂ = AD x EF

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂, toneladas

AD = cantidad de trona utilizado o ceniza de sosa producida, toneladas de trona utilizado o toneladas de ceniza de sosa natural producida

EF = factor de emisión por unidad de entrada de trona o por unidad de salida de ceniza de sosa natural, toneladas de CO₂ / toneladas de trona o toneladas de CO₂ / toneladas de ceniza de sosa natural producida:

EF_{trona} = 0.097 toneladas de CO₂ / toneladas de trona,

EF_{ceniza de sosa} = 0.138 toneladas de CO₂ / toneladas de ceniza de sosa natural producida

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 3, p. 3.53. Ecuación 3.14

6.2.3.2 Datos de actividad

El nivel de actividad ha sido determinado a partir de las estadísticas nacionales. La Tabla 65 describe la información y valor utilizado.

Tabla 65. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2B7	Producción de ceniza de sosa	Ceniza de sosa producida o cantidad de mineral trona utilizado para su producción, toneladas	Producción de carbonato de sodio	439.33	kilogramos (kg)	Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados. Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados de la SUNAT (2016)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

El carbonato de sodio es un insumo químico fiscalizado por ley y actualmente la INIQBF de la SUNAT cuenta con el registro sobre su producción a partir del año 2014. El dato nacional utilizado es la producción de carbonato de sodio y las emisiones son calculadas con la Ecuación 3.14.

Cabe indicar que esta información se vincula también a la subcategoría de otros usos de carbonato de sodio, donde se utiliza para calcular el consumo local.

6.2.3.3 Factores de emisión y de conversión

Cabe indicar que, el factor de emisión por defecto utilizado en el presente RAGEI es un valor distinto al utilizado en el RAGEI 2014, puesto que éste fue corregido de 1.138 para el 2014 a 0.138 para el 2016, que es el valor por defecto del IPCC por unidad de salida de ceniza de sosa natural producida. En la Tabla 66, se muestran los detalles del mencionado factor de emisión basado en la producción de carbonato de sodio (ceniza de sosa).

Tabla 66. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

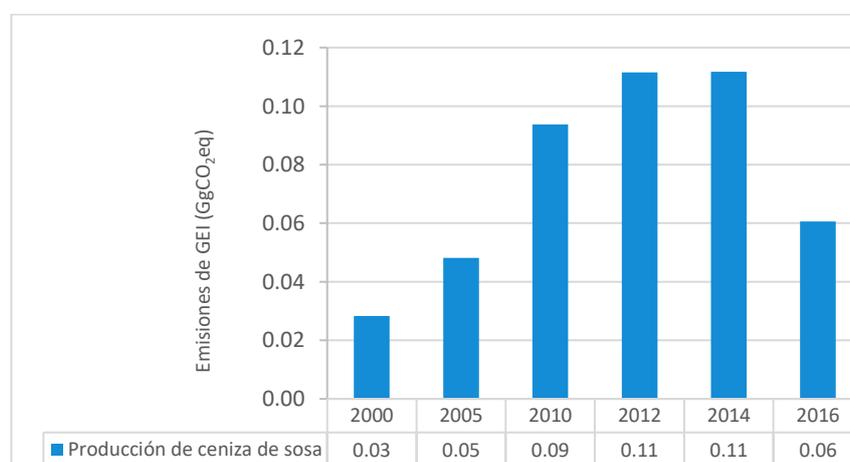
Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de ceniza de sosa	0.138	toneladas de CO ₂ / toneladas de ceniza de sosa producida	D	Aplica por defecto en un nivel 1, cuando se utiliza como dato nacional la producción de ceniza de sosa Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 3.53

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.3.4 Análisis de resultados

Las emisiones de CO₂ de la producción de ceniza de sosa se estimaron fueron en el año 2016 igual a 0.06 Gg de CO₂ eq. En relación al año 2000, las emisiones presentan un incremento de 114 % aunque entre los años 2014 y 2016 se aprecia una disminución de 46%. La Figura 26 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

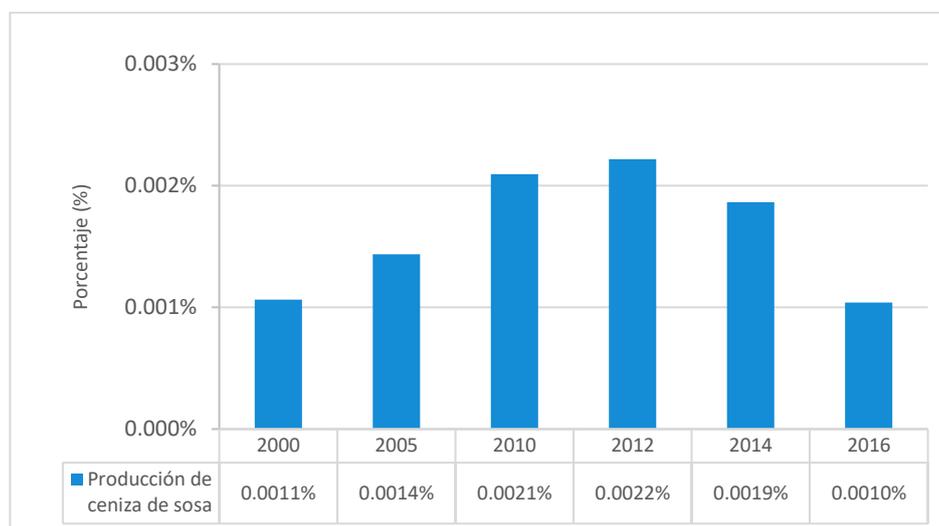
Figura 26. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de ceniza de sosa representa en todos los años valores muy bajos de participación en las emisiones totales del sector PIUP, que oscilan entre 0.0010 % (en el año 2016) y 0.0022 % (en el año 2012) como se aprecia en la Figura 27.

Figura 27. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.3.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por Directrices del IPPC de 2006⁵⁹. Éstas señalan que la incertidumbre del factor por defecto es insignificante ya que éste proviene de un balance estequiométrico, por tanto, el valor utilizado para el análisis es igual a 0 % (ver Tabla 67).

Tabla 67. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

Incertidumbre (±)	Descripción	Nivel
0 %	Factor de emisión por defecto si se supone una pureza de 100 por ciento	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 3.35, 3.36

Por otro lado, el valor utilizado para la incertidumbre del dato de actividad es igual a ± 5 % que recomiendan las Directrices del IPPC de 2006 cuando no se dispone de información (ver Tabla 68).

Tabla 68. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

Incertidumbre (±)	Descripción	Nivel
5 %	Datos de la actividad cuando no se dispone de información	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 3.35, 3.36

⁵⁹ Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, pp. 3.35, 3.36

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 5\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de sectoriales es nula (ver Tabla 69).

Los valores utilizados pueden mejorar si se someten a evaluación experta, sobre todo para la incertidumbre del dato de actividad para la cual se recomienda consultar con representantes de los organismos nacionales que registran la información sobre la producción de carbonato de sodio (en este caso INIQF-SUNAT). Es importante considerar que hay una incertidumbre adicional en la serie de tiempo para los años 2012, 2010, 2005, 2000 de los cuales no se tuvo información sobre la producción de carbonato de sodio y se completó la serie asumiendo una relación constante en el tiempo, para estos años la incertidumbre de las estimaciones sería mayor.

Tabla 69. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Ceniza de Sosa

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR							
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A Categoría del IPCC	B Gas	E Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	F Incertidumbre en el factor de emisión	G Incertidumbre combinada	M Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales	
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %	
2 Procesos Industriales y uso de productos							
2B Industria química							
	2B7	Producción de Ceniza de Sosa	CO ₂	5.00%	0.00%	$\pm 5.00\%$	0.00%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.2.3.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, fueron actualizados según la corrección del factor de emisión mencionada en el numeral 4.2.3.3., lo cual ha generado una disminución de las emisiones en un 80% respecto a los valores de la serie temporal reportados en el RAGEI 2014.

Cabe indicar que los valores obtenidos para las emisiones se obtuvieron aplicando el mismo método de cálculo utilizado para el presente RAGEI. Y respecto a las fuentes de información,

éstas variaron según la disponibilidad de información⁶⁰ para cada año. La Tabla 70 presenta los valores de los datos nacionales obtenidos y utilizados, y sus fuentes de información.

Tabla 70. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Producción de Ceniza de Sosa

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de carbonato de sodio	439,334.50	kilogramos (kg)	Dato obtenido de: Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados. Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados de la SUNAT (2016).
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de carbonato de sodio	808,230.99	kilogramos (kg)	Dato obtenido aplicando una relación constante entre producción y consumo local a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de carbonato de sodio	679,062.24	kilogramos (kg)	Dato obtenido aplicando una relación constante entre producción y consumo local a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

⁶⁰ Los datos para los años 2014 y 2016, se obtuvieron del Registro de Operaciones - Sistema para el Control de Bienes Fiscalizados de la Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizado de la SUNAT. Para obtener datos de producción de los demás años se asumió una relación constante en el tiempo entre la producción y el consumo local de carbonato de sodio, la cual fue calculada en 0.0092 a partir de los valores del año 2014 de producción, exportación e importación de amoniaco. El consumo local se consideró como el resultado de la suma de la producción y la importación menos la exportación. Los valores de exportación e importación se tomaron del Sistema Integrado de Gestión Aduanera de la Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística de la SUNAT (2016).

2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de carbonato de sodio	349,245.93	kilogramos (kg)	Dato obtenido aplicando una relación constante entre producción y consumo local a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de carbonato de sodio	205,394.75	kilogramos (kg)	Dato obtenido aplicando una relación constante entre producción y consumo local a partir de serie de datos de: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Registro de Operaciones de los usuarios inscritos en el Registro para el Control de Bienes Fiscalizados</i> . Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2016). <i>Sistema Integrado de Gestión Aduanera</i> . Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística - Gerencia de Estadística.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.2.3.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.2.3.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 suelen recomendar procedimientos específicos para cada subcategoría, pero para la producción de ceniza de sosa no precisa ejemplos, aunque sí los recomienda.

6.2.3.7.2 Garantía de Calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.2.3.8 Sigüientes pasos

Dado que no se identificó fuente de información para la producción en años previos al 2014, el siguiente paso es profundizar en investigar en los registros históricos⁶¹. En todo caso, se deberá solicitar datos de la producción, exportación e importación de carbonato de sodio nuevamente abarcando la mayor cantidad de años posibles (incluyendo años para los cuales no se genera INGEI) de tal modo que se mejore las relaciones aplicadas para completar los vacíos de información. En tal sentido, se debe reiterar la solicitud de información a la INIQBF de la SUNAT como actual responsable del registro de insumos y bienes fiscalizados por ley. Asimismo, se recomienda considerar que probablemente se requerirá la revisión de archivos no sistematizados y por tanto el tiempo de espera para la respuesta puede ser más largo.

6.3 Categoría 2C: Industria de los metales

6.3.1 Subcategoría 2C1: Producción de Hierro y Acero

El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2C1 como las vinculadas a la producción de hierro y acero, estableciendo la siguiente definición: “El dióxido de carbono es el gas predominante emitido por la producción de hierro y acero. Las fuentes de las emisiones de dióxido de carbono incluyen las de agentes reductores que contienen carbón, tales como coques y carbón en polvo y de minerales tales como piedra caliza y dolomita añadida” (IPCC, 2006)⁶². El presente reporte describe las estimaciones de las emisiones de dióxido de carbono y de metano de esta subcategoría, en ambos casos aplicando un nivel metodológico 1.

6.3.1.1 Método de cálculo

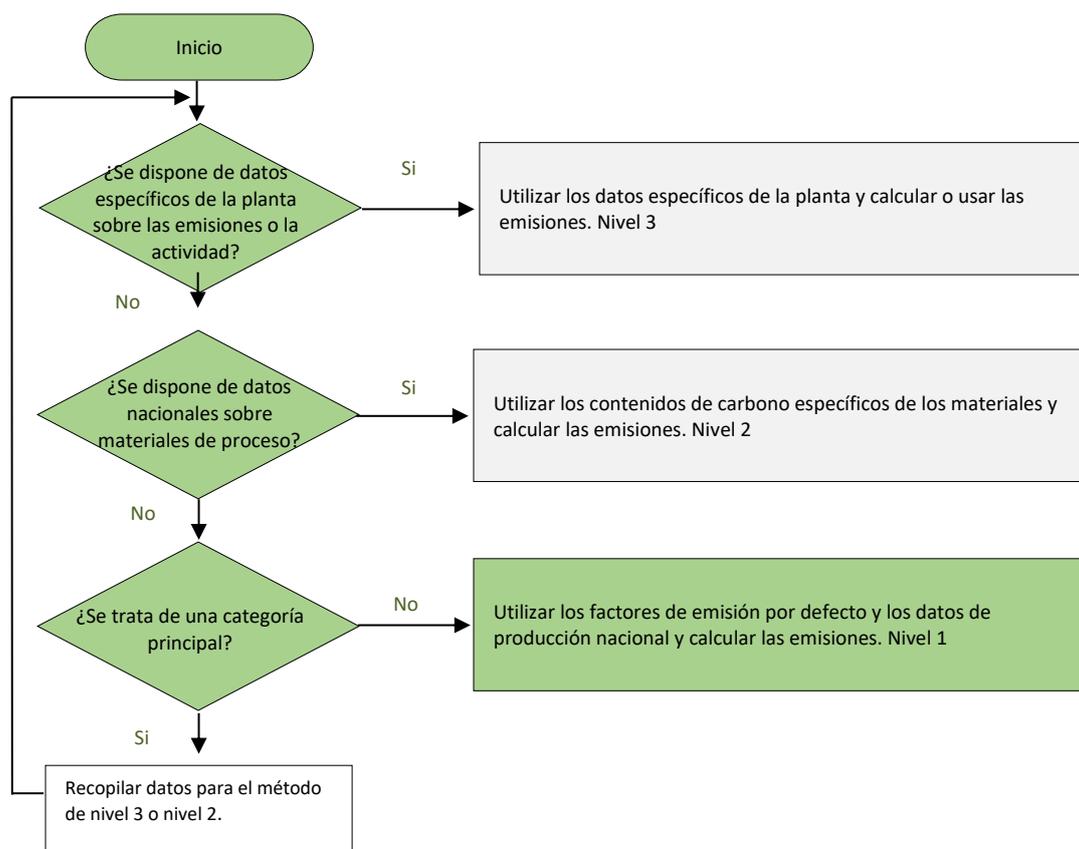
Nivel metodológico para las emisiones de CO₂

El método de cálculo utilizado para la estimación de las emisiones de dióxido de carbono por la producción de hierro y acero es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la .

⁶¹ El ácido nítrico es un insumo fiscalizado por ley, tanto su producción como su uso deben estar registrados. Aunque se realizó la solicitud, no se obtuvo información de la DGPR-PRODUCE ni de SUNAT.

⁶² Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 28. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.21

Aún en el nivel de cálculo menos exigente (nivel 1), la estimación requiere de datos nacionales sobre producción de hierro y acero diferenciados en etapas y tecnologías. Considerando que no es una categoría principal y dado que a nivel nacional no se cuenta con un sistema que registre información de las plantas sobre sus emisiones o su actividad ni tampoco se tienen datos nacionales sobre producción de hierro y acero diferenciados en etapas y tecnologías, se decidió optar por el nivel metodológico 1 (ver Tabla 71).

Tabla 71. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2C1	Producción de hierro y acero	Producción de acero (crudo) por tecnología EAF, toneladas	Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	1
			Producción de acero (crudo)	
			Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	
		Cantidad de hierro directamente reducido producido, toneladas	Producción de hierro directamente reducido (DRI)	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

El nivel 1 utiliza factores de emisión por defecto y datos nacionales de producción. Para obtener los datos nacionales, en el marco de la elaboración del RAGEI 2016, se realizaron solicitudes de información a las principales empresas de producción de hierro y acero (ver sección 6.3.1.2). En tal sentido, la aplicación de un nivel metodológico superior hubiera implicado una recopilación de información más compleja que depende de la voluntad de reportar de las empresas. A continuación, se detallan las ecuaciones que se emplearon para las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1.

Ecuación 4.4. Emisiones de CO₂, Nivel 1 – Subcategoría Producción de Hierro y Acero

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (NIVEL 1)

$$E_{CO_2, \text{no energía}} = BOF \times EF_{BOF} + EAF \times EF_{EAF} + OHF \times EF_{OHF}$$

Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.22, Ecuación 4.4

Ecuación 4.6. Emisiones de CO₂ del DRI, Nivel 1 – Subcategoría Producción de Hierro y Acero

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO REDUCIDO (NIVEL 1)

$$\text{Hierro reducido directo: } E_{CO_2, \text{no energía}} = DRI \times EF_{DRI}$$

Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.23, Ecuación 4.6

Donde:

$E_{CO_2, \text{no-energía}}$ = emisiones de CO₂ a ser declaradas en el Sector IPPU, toneladas

BOF= cantidad de acero crudo producido en BOF, toneladas

EAF= cantidad de acero crudo producido en EAF, toneladas

OHF= cantidad de acero crudo producido en OHF, toneladas

DRI = cantidad de hierro reducido directo producido nacionalmente, toneladas

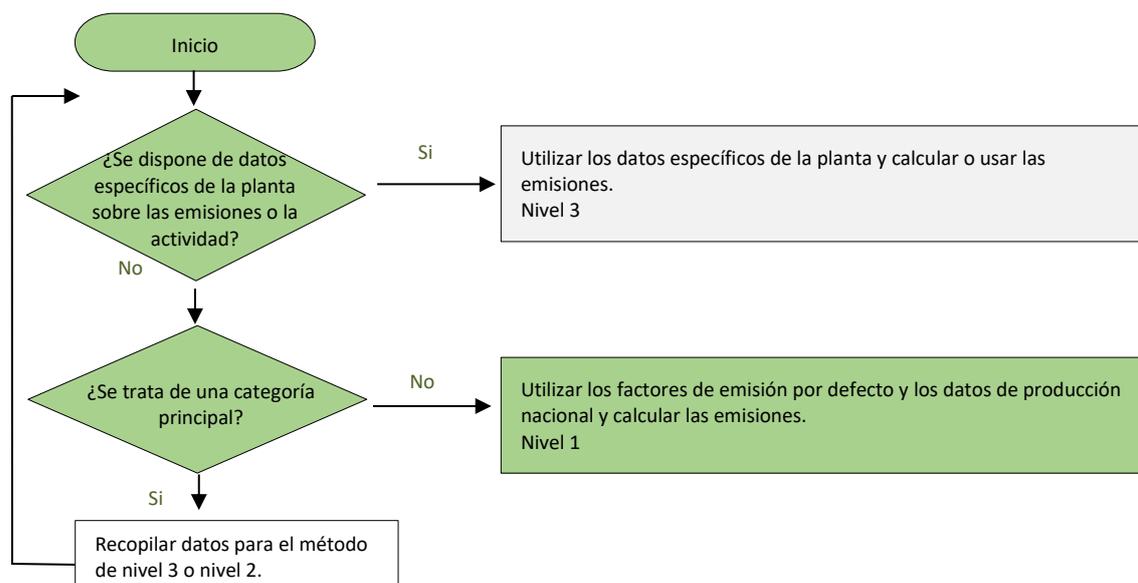
EF_x = factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de x producido

Como se observa en la Ecuación , ésta considera variables referidas a la cantidad de acero crudo producido en BOF y cantidad de acero crudo producido en OHF. Para el caso del presente RAGEI, no se ha reportado acero producido con este tipo de tecnologías, por lo cual los valores de producción para ambos casos son cero. Es así, que las emisiones de CO₂, dependen exclusivamente de la producción de acero en hornos de Arco Eléctrico (EAF).

Nivel metodológico para las emisiones de CH₄

El método de cálculo utilizado para la estimación de las emisiones de metano por la producción de hierro y acero es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 29.

Figura 29. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.22

Aún en el nivel de cálculo menos exigente (nivel 1), la estimación requiere de datos nacionales sobre producción de hierro y acero diferenciados en etapas. Considerando que no es una categoría principal y dado que a nivel nacional no se cuenta con un sistema que registre información de las plantas sobre sus emisiones o su actividad, se decidió optar por el nivel metodológico 1 (ver Tabla 72).

Tabla 72. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CH₄ - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2C1	Producción de hierro y acero	Cantidad de hierro directamente reducido producido, toneladas	Producción de hierro directamente reducido (DRI)	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

El nivel 1 utiliza factores de emisión por defecto y datos nacionales de producción. Para obtener los datos nacionales, en el marco de la elaboración del RAGEI 2016 se realizaron solicitudes de información a las principales empresas de producción de hierro y acero (ver sección 6.3.1.2). En tal sentido, la aplicación de un nivel metodológico superior hubiera implicado una recopilación de información más compleja que depende de la voluntad de reportar de las empresas. La siguiente ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de metano en el nivel 1.

Ecuación 4.14. Emisiones de CH₄ del DRI, Nivel 1 – Subcategoría Producción de Hierro y Acero

EMISIONES DE CH₄ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN HIERRO REDUCIDO DIRECTO (NIVEL 1)
 Producción de hierro reducido directo: $E_{CH_4, \text{no energía}} = DRI \times EF_{DRI}$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.26, Ecuación 4.14

Donde:

$E_{CH_4, \text{no energía}}$ = emisiones de CH₄ a ser declaradas en el Sector IPPU, kg

DRI = cantidad de hierro reducido directo producido nacionalmente, toneladas

EF_{DRI} = factor de emisión, kilogramos de CH₄/tonelada de hierro reducido directo producido

6.3.1.2 Datos de actividad

Al no haber información disponible en estadísticas nacionales sobre la producción de acero, se realizó la recopilación de información con las principales empresas⁶³. Para la identificación de empresas se tomó como punto de partida la lista de empresas identificadas en el marco del RAGEI 2014⁶⁴, la cual fue confirmada en base a un listado de Participación de las Principales Empresas en la producción según clase CIU proporcionada por el OGEIEE⁶⁵ en el marco del levantamiento de información para la elaboración del RAGEI 2016, además de reuniones con los especialistas de la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM).

Se calcula que las empresas consideradas en la estimación del RAGEI representan más del 80 % de las ventas del año 2015 que registra la SUNAT⁶⁶, para las industrias básicas de hierro y acero (CIU 2410, cuarta revisión) y de la fundición de hierro y acero (CIU 2431, cuarta revisión).

Nivel de actividad para las emisiones de CO₂

El nivel de actividad ha sido obtenido a partir de datos nacionales brindados por las empresas que fueron recopilados en el marco del RAGEI. Cabe indicar que, en el presente RAGEI no se consideró dentro del alcance de esta subcategoría a una empresa que sí estuvo incluida en el RAGEI 2014, debido a que reportó no haber producido pellets durante al año 2016. La Tabla 63 describe la información utilizada.

⁶³ El reporte de las empresas se mantiene en confidencialidad y por tal motivo en este documento no se mencionan los nombres de las empresas ni los datos reportados. Sin embargo, los medios de verificación están archivados en la fuente citada como: *Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)*.

⁶⁴ La identificación, se realizó a partir de la revisión del directorio de empresas registradas en actividad en la SUNAT para el año 2015 con CIU 2710 y 2731 de la tercera revisión, seleccionando las de mayores ventas para el envío de las solicitudes de información. Dicha identificación, se encuentra disponible en el documento: *Identificación de empresas con mayores ventas en el año 2015 en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos*. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria).

⁶⁵ Ídem 66

⁶⁶ Directorio de empresas del Registro Único de Contribuyentes de SUNAT (2015).

Tabla 73. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación para CO₂ del año 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2C1	Producción de hierro y acero	Producción de acero (crudo) mediante tecnología EAF	Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	1,152,731.50	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
			Producción de acero (crudo)	843,296.00	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
			Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	656,461.00	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
		Cantidad de hierro directamente reducido producido	Producción de hierro directamente reducido (DRI)	10,487.00	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Los valores de producción de acero por tipo de tecnología, son multiplicados factores de emisión por defecto para dióxido de carbono.

Los datos nacionales para describir el nivel de actividad de la estimación de dióxido de carbono en la producción de hierro y acero incluyen:

- Producción de Acero en hornos de reverbero – OHF
- Producción de Acero en hornos básicos de oxígeno – BOF
- Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF
- Producción de acero (crudo)
- Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero
- Cantidad de Hierro de alto horno (arrabio) que no es convertido a acero
- Producción de hierro directamente reducido (DRI)
- Producción de peletizado de concentrado de Hierro
- Producción de sinterizado de concentrado de Hierro

Sin embargo, de toda esta información las empresas que respondieron a las solicitudes de información reportaron producción cero para el caso de hierro de alto horno y producción de peletizado. Para los casos de producción de acero en hornos de OHF y BOF, durante el levantamiento de información realizada en el marco del RAGEI 2014, que fue realizado en el año 2016, se identificó que dichas empresas no utilizan dichas tecnologías, por lo que la producción utilizando dichas tecnologías es cero. Solo hubo un caso de una empresa que no reportó y la información se obtuvo de sus memorias anuales. Para ese caso específico, fue necesario aplicar la asunción de que un porcentaje de 50 % correspondía a hornos de

inducción⁶⁷ y un 50 % de hornos de arco eléctrico, cuando la información sobre producción de acero en hornos eléctricos no especificaba el tipo de horno (inducción o arco eléctrico). Por lo demás todos los datos fueron reportados como fueron comunicados por las empresas. Los datos procesados se presentan como valores agregados en la Tabla 73.

Nivel de actividad para las emisiones de CH₄

El nivel de actividad ha sido obtenido a partir de datos nacionales brindados por las empresas que fueron recopilados en el marco del RAGEI⁶⁸. La Tabla 74 describe la información utilizada.

Tabla 74. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación para CH₄ del año 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2C1	Producción de hierro y acero	Cantidad de hierro directamente reducido producido, toneladas (se repite como nivel de actividad para CH ₄)	Producción de hierro directamente reducido (DRI)	10,487.00	tonelada (t)	Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Los valores de producción de acero por tipo de tecnología, son multiplicados factores de emisión por defecto para metano.

Los datos nacionales para describir el nivel de actividad de la estimación de metano en la producción de hierro y acero incluyen la producción de hierro directamente reducido (DRI) y la producción de sinterizado de concentrado de Hierro. Asimismo, se menciona en las Directrices del IPCC de 2006 que también es un dato de actividad la cantidad de hierro producido en alto horno, sin embargo, no se describe factor de emisión por defecto para la estimación, es por tanto que, al no contar con la alternativa de un factor de emisión nacional y tampoco con empresas que hayan reportado la producción en hierro de alto horno, esta estimación no se realiza.

En relación a la producción de hierro directamente reducido (DRI) y a la producción de sinterizado de concentrado de Hierro, dichos datos también fueron solicitados a las empresas. Sin embargo, ninguna reportó sinterizado de hierro, por lo cual no se considera dicha fuente de emisión en las estimaciones. Los datos utilizados se presentan en la Tabla 74.

⁶⁷ No se les vincula generación de GEI.

⁶⁸ El reporte de las empresas se mantiene en confidencialidad y por tal motivo en este documento no se mencionan los nombres de las empresas ni los datos reportados. Sin embargo, los medios de verificación están archivados en la fuente citada como: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)

6.3.1.3 Factores de emisión y conversión

Factores para las emisiones de CO₂

Los factores de emisión y de conversión utilizados se describen en la Tabla 75.

Tabla 75. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados (para CO₂) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la fabricación de acero en horno de arco eléctrico - EAF	0.08	toneladas de CO ₂ / toneladas de acero producido	D	Aplica por defecto en un nivel 1. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.27
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la fabricación de acero con promedio global	1.06	toneladas de CO ₂ / toneladas de acero producido	D	Aplica por defecto en un nivel 1. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.27
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de hierro directamente reducido - DRI	0.70	toneladas de CO ₂ / toneladas de hierro producido	D	Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.27

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Factores para las emisiones de CH₄

Los factores de emisión y de conversión utilizados se describen en la Tabla 76.

Tabla 76. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados (para CH₄) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CH ₄ para la producción de sinterizado	0.07	Kg de CH ₄ / tonelada de sinter producido	Aplica por defecto en un nivel 1. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.27
Factor de emisión por defecto de CH ₄ para la producción de hierro directamente reducido	1.00	Kg de CH ₄ / TJ (sobre una base calórica neta)	Aplica por defecto en un nivel 1. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.27
Factor de emisión por defecto de CH ₄ para la producción de hierro directamente reducido - DRI	0.0125	Kg de CH ₄ / tonelada de DRI producido	Se calcula a partir del factor de emisión por defecto en Kg de CH ₄ / TJ con los datos de Consumo de energía por defecto de gas natural para la producción de DRI y Contenido de carbono por defecto del gas natural para convertirlo a Kg de CH ₄ / tonelada de DRI producido. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, pp. 4.27 y 4.28
Consumo de energía por defecto de gas natural para la producción de DRI	12.50	GJ de gas natural / tonelada de DRI producido	Valor indicado por Directrices del IPPC de 2006 para el gas natural. Se utiliza para convertir el factor de emisión del DRI. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 4.28

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información y justificación de la elección
Contenido de carbono por defecto del gas natural	15.30	kg de C / GJ de Gas Natural	Valor indicado por Directrices del IPPC de 2006 para el gas natural. Se utiliza para convertir el factor de emisión del DRI. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.28.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

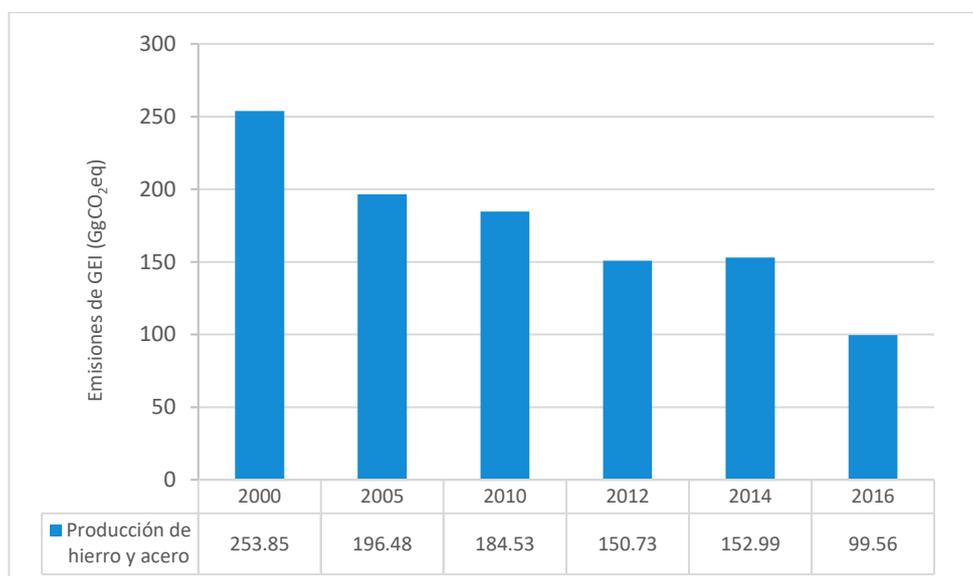
Se menciona en las Directrices del IPPC de 2006 que los hornos de inducción no generan emisiones apreciables de GEI. Por tanto, considera que no hay emisiones (Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 4.32).

6.3.1.4 Análisis de resultados

Las emisiones de CO₂ eq de la producción de hierro y acero (que incluyen metano y dióxido de carbono) para el año 2016 se estiman son de 99.56 Gg CO₂ eq. De este valor, menos del 0.01% correspondieron a las emisiones de metano (0.0028 Gg CO₂ eq).

Entre los años 2014 y 2016 se presenta una disminución del 35% y como se aprecia en la Figura 30, en promedio, la tendencia desde el año 2000 al año 2016 es decreciente, con una reducción de 61 %. La Figura 31 presenta los resultados de la estimación para la serie de tiempo evaluada.

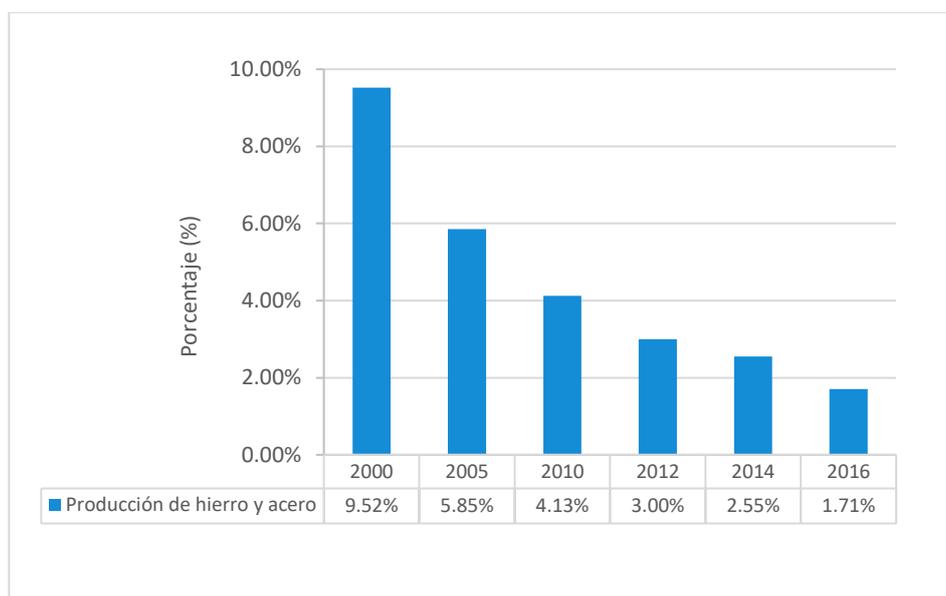
Figura 30. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de hierro y acero, al igual que sus emisiones, ha presentado una reducción de su participación en las emisiones totales del sector PIUP que se redujo de 9.52 % en el año 2000 a 1.71 % en el 2016.

Figura 31. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Hierro y Acero



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.1.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPPC de 2006⁶⁹. Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000⁷⁰ (ver Ecuación 6.4). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Tanto para las emisiones de CO₂ como para las de CH₄, se utilizaron los mismos valores por defecto para la estimación de las incertidumbres. Al factor de emisión se le atribuye un valor de incertidumbre de ± 25 % en un nivel 1 (ver Tabla 77).

Tabla 77. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Incertidumbre (±)	Descripción	Nivel
25 %	Factores de emisión por defecto	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.33

Al dato de actividad se le atribuye un valor de incertidumbre de ± 10 % que corresponde a los datos nacionales de producción.

⁶⁹ Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.33

⁷⁰ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

Tabla 78. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Incertidumbre (±)	Descripción	Nivel
10 %	Datos nacionales de producción	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.33

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de CO₂ de esta subcategoría es igual a ± 26.93 % y que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones es igual a ± 0.32 %. Mientras que para las emisiones de CH₄ la incertidumbre combinada del total de emisiones de esta subcategoría es igual a ± 26.93 % y que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones es igual a ± 0.00 %. La Tabla 79 presenta los valores estimados de incertidumbre para esta subcategoría para metano y dióxido de carbono.

Tabla 79. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR								
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A	B	E	F	G	M		
	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales		
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\sqrt{K^2 + L^2}$		
			%	%	%	%		
2			Procesos Industriales y uso de productos					
2C	Industria de los metales							
	2C1	Producción de Hierro y Acero	CO ₂	10.00%	25.00%	±26.93%	±0.32%	
	2C1	Producción de Hierro y Acero	CH ₄	10.00%	25.00%	±26.93%	±0.00%	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

También puede haber una incertidumbre adicional no considerada correspondiente a los tipos de hornos eléctricos ya que cuando se desconocía el tipo de horno se asumió que el 50 % correspondían a arco eléctrico y otro 50 % a inducción (que no genera emisiones de GEI).

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.3.1.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005 y 2010, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014. Estos valores se obtuvieron a partir de las mismas fuentes de información⁷¹ y aplicando el mismo método de cálculo utilizado para el presente RAGEI.

Para el caso de los años 2012 y 2014, las emisiones fueron actualizadas. Para ello se utilizó la misma metodología planteada en el presente informe y las mismas fuentes de información, con la diferencia de que para el caso de una las empresas que utiliza hornos de arco eléctrico (EAF) y hornos de Inducción⁷² en su producción, se hizo una actualización del supuesto referido a los porcentajes de producción de acero en cada uno de los tipos de horno mencionados. Dicha diferencia, consistió en actualizar el supuesto de que 50% de la producción de acero se realiza en hornos EAF y el otro 50% en hornos de inducción, por el supuesto de que el 99% de la producción se realiza en hornos EAF y el 1 % restante en hornos de Inducción. Esta actualización, se planteó en base a la información proporcionada por la empresa para los años 2015 y 2016, en la que la producción según la tecnología de los hornos corresponde al supuesto actualizado.

Finalmente, los datos procesados se presentan como valores agregados en la Tabla 80 y la Tabla 81, las cuales describen sus fuentes de información.

Tabla 80. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal (emisiones de CO₂) - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	1,083,491.84	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017) Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima:

⁷¹ En el caso de una empresa que no reportó pero que su participación se sabe es importante, se decidió considerarla utilizando como fuente de información sus memorias anuales públicas, de donde se obtuvo datos de producción de acero para el año 2010, 2012 y 2014, sin embargo, fue necesario realizar extrapolación lineal para hallar los valores de los años 2000 y 2005. Para el caso de esta misma empresa al no contar con información referida a la tecnología específica de los hornos eléctricos de producción de acero, se aplicó la asunción de que un porcentaje de 50 % correspondía a hornos de inducción y un 50 % de hornos de arco eléctrico.

Asimismo, una de las empresas reportó que en el año 2000 su producción de acero era mayor que la suma de su consumo de chatarra de acero y de hierro directamente reducido (materia prima para el acero), con una diferencia de 60,834.99 toneladas, por lo que para evitar una subestimación se decidió considerar que este saldo correspondía a producción de hierro en alto horno, agregando emisiones de CO₂ al cálculo de dicho año.

⁷² No genera GEI.

			http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF
Producción de acero (crudo)	794,986.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017). Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF
Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	755,544.76	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	88,493.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017)
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	1,040,922.58	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017) Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF
Producción de acero (crudo)	732,557.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017). Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF
Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	671,465.84	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de hierro	96,331.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el</i>

directamente reducido (DRI)			<i>marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	994,642.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria. Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf
Producción de acero (crudo)	994,642.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria. Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf
Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	615,116.35	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	100,848.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de peletizado de concentrado de Hierro	1,144,773.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	696,194.77	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la</i>

			<p><i>categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria. Empresa Siderúrgica del Perú. (2009). <i>Memoria Anual 2008 - Empresas Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202008.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2010). <i>Memoria Anual 2009 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202009.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2011 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202011.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2014 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20150224184602/SIDERPER21832MEMORIA32ANUAL322014.PDF</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2016). <i>Memoria Anual 2015 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Superintendencia del Mercado de Valores: http://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Memoria%20Anual%20Siderperu%202015.pdf</p>
Producción de acero (crudo)	696,194.77	tonelada (t)	<p>Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014.</i> Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria. Empresa Siderúrgica del Perú. (2009). <i>Memoria Anual 2008 - Empresas Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202008.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2010). <i>Memoria Anual 2009 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202009.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú.</i> Recuperado el 30 de setiembre</p>

			<p>de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2011 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202011.pdf Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2014 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20150224184602/SIDRPER21832MEMORIA32ANUAL322014.PDF Empresa Siderúrgica del Perú. (2016). <i>Memoria Anual 2015 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Superintendencia del Mercado de Valores: http://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Memoria%20Anual%20Siderperu%202015.pdf</p>
Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	332,173.39	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	77,878.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de peletizado de concentrado de Hierro	2,874,905.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de Acero en hornos de arco eléctrico – EAF	561,325.09	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria. Empresa Siderúrgica del Perú. (2009). <i>Memoria Anual 2008 - Empresas Siderúrgica del Perú</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202008.pdf

			<p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2010). <i>Memoria Anual 2009 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202009.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2011 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202011.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2014 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20150224184602/SIDRPER21832MEMORIA32ANUAL322014.PDF</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2016). <i>Memoria Anual 2015 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Superintendencia del Mercado de Valores: http://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Memoria%20Anual%20Siderperu%202015.pdf</p>
Producción de acero (crudo)	561,325.09	tonelada (t)	<p>Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en:</p> <p>Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i>. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2009). <i>Memoria Anual 2008 - Empresas Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202008.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (2010). <i>Memoria Anual 2009 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202009.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2010 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202010.pdf</p> <p>Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2011 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de</p>

			<p>http://www.sider.com.pe/SiteAssets/Lists/JER_Jerarquia/EditForm/MEMORIA%20ANUAL%202011.pdf Empresa Siderúrgica del Perú. (2014). <i>Memoria Anual 2013 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20140221151802/MEMORIA32ANUAL322013.PDF Empresa Siderúrgica del Perú. (s.f.). <i>Memoria Anual 2014 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Bolsa de Valores de Lima: http://www.bvl.com.pe/hhii/CM0003/20150224184602/SIDEPER21832MEMORIA32ANUAL322014.PDF Empresa Siderúrgica del Perú. (2016). <i>Memoria Anual 2015 - Empresa Siderúrgica del Perú</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Superintendencia del Mercado de Valores: http://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Memoria%20Anual%20Siderperu%202015.pdf</p>
Cantidad de chatarra de acero utilizada para la producción de acero	128,501.01	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Cantidad de Hierro de alto horno (arrabio) que no es convertido a acero	60,834.99	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	81,823.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
Producción de peletizado de concentrado de Hierro	2,317,344.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Tabla 81. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal (emisiones de CH₄)- Subcategoría Producción de Hierro y Acero

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	88,493.00	tonelada (t)	Dato procesado a partir de la información reportada por las empresas y recopilada en: Archivo de niveles de actividad RAGEI PIUP 2016 (PRODUCE, 2017).
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	96,331.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	100,848.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	77,878.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción de hierro directamente reducido (DRI)	81,823.00	tonelada (t)	Datos reportados por las empresas y recopilados en: Ministerio de la Producción. (2016). <i>Archivo de información sobre niveles de actividad de las empresas, recopilada en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Procesos Industriales y Usos de Productos, 2014</i> . Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.1.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.3.1.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 82.

Tabla 82. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Hierro y Acero

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Revisión de los factores de emisión y de los contenidos de carbono Los compiladores del inventario deben comparar los factores de emisión y los contenidos de carbono agregados nacionalmente con los factores y contenidos de carbono por defecto del IPPC, con el fin de determinar si el valor nacional es razonable en relación con el factor por defecto del IPPC. Las diferencias entre los valores nacionales y los valores por defecto deben explicarse y documentarse, en particular si son representativos de circunstancias diferentes.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento porque no se calcularon factores de emisión nacionales.</p>
<p>Verificación de los datos de actividad específicos de la planta Para los datos específicos de la planta, los compiladores del inventario deben revisar las incoherencias entre plantas para establecer si éstas reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Los compiladores deben garantizar que los factores de emisión y los datos de la actividad se determinen de acuerdo con los métodos de medición internacionalmente reconocidos y probados. Si las prácticas de medición no cumplen con este criterio, entonces la utilización de estas emisiones o datos de la actividad debe evaluarse cuidadosamente, deben reconsiderarse las estimaciones de incertidumbre y documentarse las calificaciones. Es también posible que en los sitios donde están en vigor altos estándares de mediciones y de GC/CC, la incertidumbre en la estimación de emisiones sea revisada a la baja.</p>	<p>Se verificaron los datos de actividad en relación a los datos entre plantas y entre años para identificar valores incoherentes. No se evaluaron las condiciones tecnológicas ni operativas de las plantas.</p>
<p>Revisión de expertos En un proceso de revisión, los compiladores del inventario deben incluir las principales organizaciones industriales y comerciales relacionadas con la producción del hierro y del acero. Este proceso debe comenzar durante la etapa inicial del desarrollo del inventario, de modo que contribuya al desarrollo y la revisión de los métodos y a la adquisición de los datos. Para esta categoría de fuente puede ser útil recurrir también a revisores independientes, particularmente en relación con la recopilación inicial de datos, el trabajo de medición, la transcripción, los cálculos y la documentación.</p>	<p>Se solicitó información sobre el nivel de actividad a las organizaciones comerciales, aunque no se involucraron en la revisión de los métodos.</p>

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Verificación de los datos de la actividad</p> <p>Para todos los niveles, los compiladores del inventario deben realizar verificaciones apoyándose en el Volumen 2, Capítulo 2 (Combustión estacionaria del Sector Energía), para garantizar que las emisiones provenientes de los agentes reductores y de los materiales de proceso (carbón, coque, gas natural, etc.) no sean contabilizadas por partida doble ni omitidas.</p> <p>Los compiladores deben examinar toda incoherencia entre los datos de diferentes plantas para establecer si éstas reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Es particularmente pertinente para las estimaciones específicas de plantas sobre las cantidades de agentes reductores o sobre los contenidos de carbono declarados para los materiales de proceso.</p> <p>Allí donde se disponga de datos comerciales sobre el consumo de materiales de proceso, los compiladores deben comparar la agregación de las estimaciones agregadas al nivel de plantas con los totales de la industria.</p>	<p>Las verificaciones comparativas con el volumen 2 de las Directrices del IPPC de 2006 (sector Energía) no se realizaron, por estar fuera del alcance del sector MYPE e Industria.</p> <p>Se recomienda sea parte de un control de calidad posterior al revisar el inventario integrado de todos los sectores para evitar doble contabilidad y omisiones.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, pp. 4.33 y 4.34

6.3.1.7.2 Garantía de calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.3.1.8 Sigüientes pasos

Los sigüientes pasos incluyen revisar la identificación de las principales empresas productoras de hierro y acero y procurar incluir a aquellas que no han sido consideradas al momento, sobre todo si su actividad es pertinente⁷³ y significativa.

En general, profundizar en el conocimiento sobre los procesos de cada empresa para determinar si los factores de emisión aplicados son los pertinentes, sobre todo en relación a los tipos de hornos utilizados. Asimismo, se deberá invertir más recursos para la recopilación de tal modo que se logre que las empresas representativas reporten sus datos de plantas (incluyendo la descripción de sus procesos).

Finalmente, se debe socializar los resultados con las empresas que reportaron sus datos de planta, gracias a las cuales se ha podido calcular en un nivel 1 las emisiones de CO₂ y CH₄ de la producción de acero y hierro.

⁷³ Si incluye en sus procesos la producción de peletizado, sinsterizado, hierro y acero.

6.3.2 Subcategoría 2C3: Producción de Aluminio

El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2C3 como las vinculadas a la producción de aluminio, estableciendo la siguiente definición: “La producción de aluminio cubre la producción primaria de aluminio, excepto las emisiones vinculadas al uso de combustibles. Las emisiones de dióxido de carbono resultantes de la reacción reductora electroquímica de alúmina con un ánodo basado en carbono. También se producen en forma intermitente el tetrafluorometano (CF₄) y hexafluoroetano (C₂F₆). El reciclado de aluminio no produce gases de efecto invernadero además de los emitidos por el uso de combustible para volver a fundir el metal. Las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆) no están asociadas a la producción primaria de aluminio; no obstante, la colada de algunas aleaciones con altos contenidos de magnesio da como resultado emisiones de SF₆ y estas emisiones se contabilizan en la sección 2C4, Producción de magnesio” (IPCC, 2006)⁷⁴.

Como mejora en la elaboración del RAGEI 2016, se identificó como nueva fuente de información al Instituto Internacional del Aluminio⁷⁵, el cual presenta datos agregados de producción de aluminio primario a nivel global. Asimismo, indica cuáles son los países productores de aluminio primario en cada región del globo. Dentro del listado de dichos países, a nivel de Sudamérica, no se registra al Perú como productor de aluminio primario. Por lo tanto, en el presente RAGEI se considera que la emisión de GEI derivada de la producción de Aluminio primario para el año 2016 y para toda serie temporal No ocurre (NO), habiéndose actualizado dicha serie en el marco del presente RAGEI.

6.3.3 Subcategoría 2C5: Producción de Plomo

El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2C5 como las vinculadas a la producción de plomo y le asigna la siguiente definición: “La producción de plomo cubre la producción mediante el proceso de aglomeración/fundición, como así también mediante la fundición directa. Las emisiones de dióxido de carbono son el resultado del uso de una variedad de agentes reductores basados en carbono en ambos procesos de producción” (IPCC, 2006)⁷⁶. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría aplicando un nivel metodológico 1.

6.3.3.1 Método de cálculo

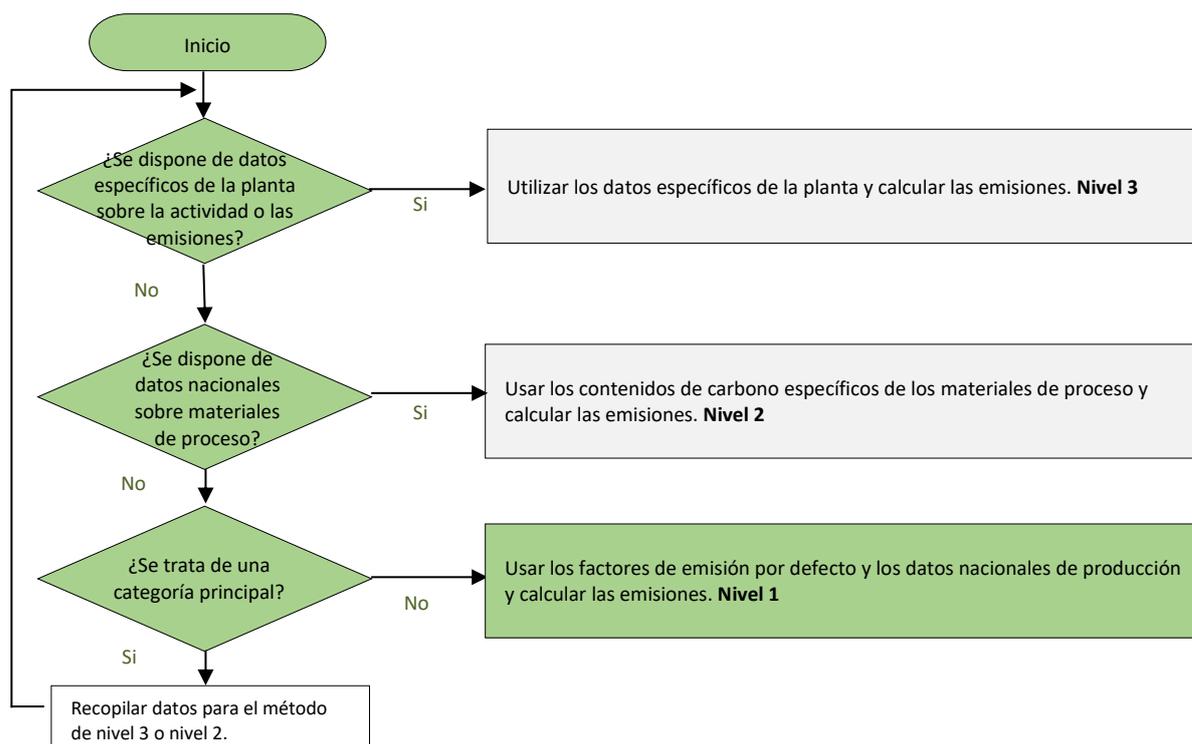
El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 32.

⁷⁴ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

⁷⁵ Instituto Internacional de Aluminio en inglés *International Aluminium Institute*, la información se encuentra disponible en su página web: <http://www.world-aluminium.org/statistics/>

⁷⁶ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 32. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Plomo



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.80

A nivel nacional, no se dispone de datos de las plantas de producción de plomo sobre sus emisiones ni sobre su actividad. Tampoco se dispone de datos nacionales sobre los materiales del proceso, por lo que, considerando que no es una categoría principal pero que sí se cuenta con datos nacionales agregados sobre producción mineral metálica de plomo, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI un nivel 1 de cálculo que usa factores de emisión por defecto y datos de producción nacional agregada. El nivel metodológico 1 se describe en la Tabla 83.

Tabla 83. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Plomo

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2C5	Producción de plomo	Producción de plomo por fuente (primario y secundario) y por tipo de proceso (Imperial Smelting Furnaces, fundición directa)	Producción minera de Plomo (fundido)	1
			Producción minera de Plomo (refinado)	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La ecuación para estimar las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1 corresponde a la siguiente ecuación.

Ecuación 4.32. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Plomo

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{DS} \times \text{EF}_{\text{DS}} + \text{ISF} \times \text{EF}_{\text{ISF}} + \text{S} \times \text{EF}_\text{S}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ por la producción de plomo, toneladas

DS = cantidad de plomo producido por fundición directa, toneladas

EF_{DS} = factor de emisión para la fundición directa, toneladas de CO₂/tonelada de producto de plomo

ISF = cantidad de plomo producido en hornos *Imperial Smelting Furnaces*, toneladas

EF_{ISF} = factor de emisión para los hornos *Imperial Smelting Furnaces*, toneladas de CO₂/tonelada de producto de plomo

S = cantidad de plomo producido a partir de materiales secundarios, toneladas

EF_S = factor de emisión para los materiales secundarios, toneladas de CO₂/tonelada de producto de plomo

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.80. Ecuación 4.32

6.3.3.2 Descripción del nivel de actividad

El nivel de actividad ha sido determinado a partir de las estadísticas nacionales. La Tabla 84 describe la información utilizada.

Tabla 84. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Plomo

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2C5	Producción de plomo	Producción de plomo por fuente (primario y secundario) y por tipo de proceso (Imperial Smelting Furnaces, fundición directa)	Producción minera de Plomo (fundido)	0.00	tonelada (t)	Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299
			Producción minera de Plomo (refinado)	0.00	tonelada (t)	Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Como datos nacionales de esta subcategoría se ha considera la producción minera de plomo de fundición y de refinamiento. A pesar que las emisiones de dióxido de carbono se generan durante la etapa de fundición se ha incluido la etapa de refinamiento, entendiéndose que todo producto refinado ha pasado por una fundición previa (y por lo tanto generado emisiones de dióxido de carbono). La fuente de información utilizada proviene del Ministerio de Energía y Minas, responsable de las estadísticas nacionales sobre producción minera.

No siempre esta fuente indica datos sobre fundición y refinamiento del plomo⁷⁷. En el caso del año 2016 no se reportó ninguno de estos datos y por lo tanto se ha considerado la producción de plomo como nula, tal como se presenta en la Tabla 84.

6.3.3.3 Factores de emisión y conversión

Cuando se desconocen los procesos de producción, las Directrices del IPPC de 2006 proponen usar un factor por defecto que considera 80 % producción de plomo en hornos Imperial Smelting Furnace (ISF) y 20 % por fundición directa. Se ha asumido que uso de material secundario es nulo. Por lo tanto, considerando esto, la Ecuación ha sido adaptada como sigue:

Ecuación 4.32. Emisiones de CO₂, Nivel 1 (ecuación adaptada) - Subcategoría Producción de Plomo

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_{\text{Plomo}} \times \text{Factor de emisión por defecto de CO}_2 \text{ para la producción de plomo}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_{\text{Plomo}} \times 0.52$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ por la producción de plomo, toneladas

M_{Plomo} = masa de plomo producida (de tratamiento secundario, fundición directa y/o ISF), toneladas

El Factor de emisión por defecto de CO₂ para la producción de plomo es igual a 0.52 toneladas de CO₂ / toneladas de plomo producido (considera 80 % de ISF y 20 % de DSF, 0 % de materias primas secundarias)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4. Ecuación 4.32 (adaptada)

El factor de emisión por defecto utilizado se describe en la Tabla 85.

Tabla 85. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Plomo

Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de plomo	0.52	toneladas de CO ₂ / toneladas de plomo producido	D	Se utiliza el valor por defecto, al desconocerse las tecnologías utilizadas. Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Vol. 3, p. 4.82.

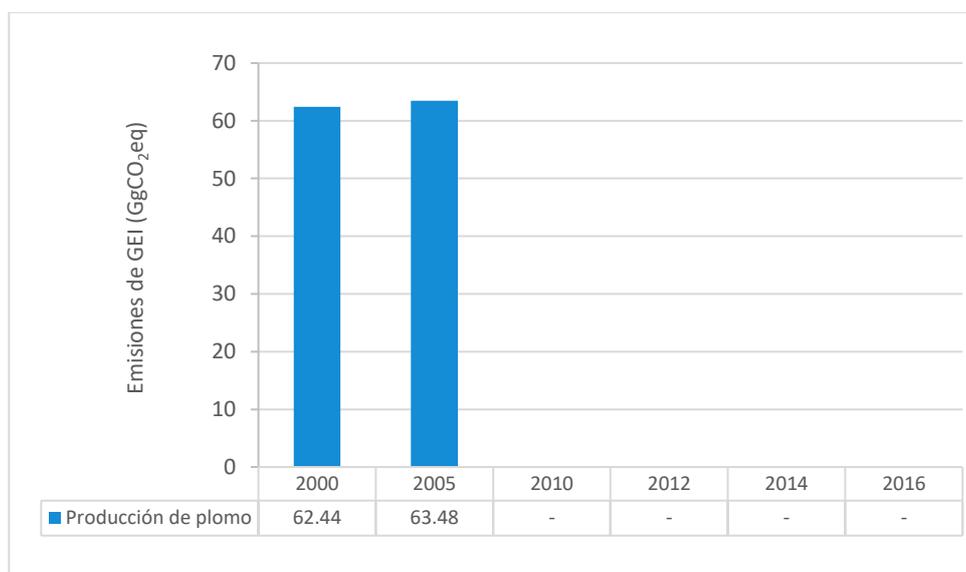
Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.3.4 Análisis de resultados

Las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de plomo se estima fueron nulas en el año 2016, dado que el nivel de actividad se consideró como nulo. La Figura 33 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo evaluada. Las mayores emisiones se dieron en el año 2005.

⁷⁷ Ver sección de análisis de resultados.

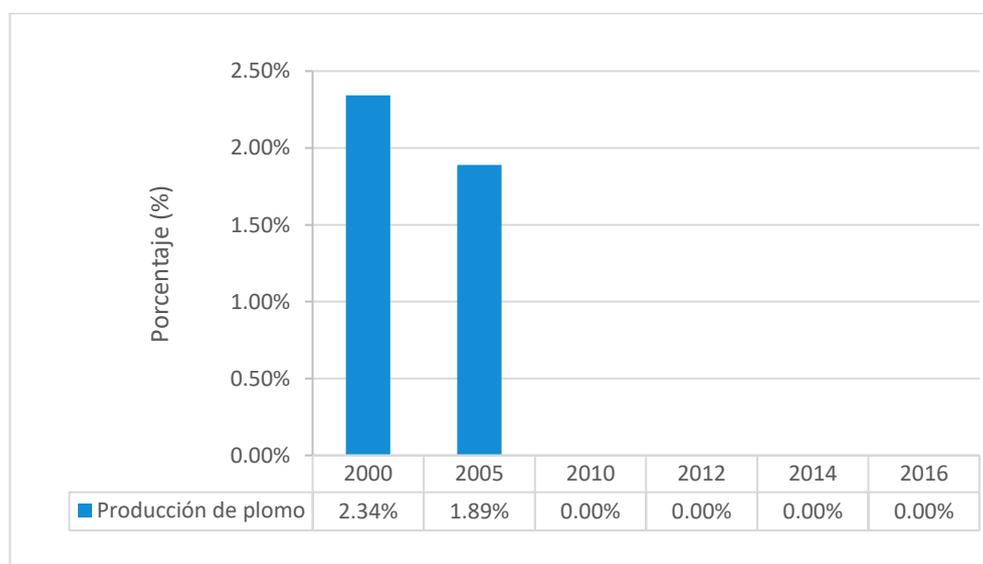
Figura 33. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Plomo



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La participación de la subcategoría de producción de plomo en las emisiones totales del sector PIUP se describe en la Figura 34, donde se observa que la participación en el año 2016 es nula y que el mayor valor alcanzado se dio en el año 2000 (2.34 %).

Figura 34. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Plomo



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.3.5 Análisis de incertidumbre

Para la subcategoría producción de plomo no se pudo realizar la estimación dado que el valor de las emisiones calculadas es igual a cero para el año 2016⁷⁸.

6.3.3.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014. Estos valores, se obtuvieron aplicando el mismo método de cálculo utilizado para el presente RAGEI. Y respecto a las fuentes de información⁷⁹, éstas variaron según la disponibilidad de información para cada año. La Tabla 86 presenta los valores de los datos nacionales obtenidos y utilizados, y sus fuentes de información.

Tabla 86. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Plomo

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Plomo (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299
Producción minera de Plomo (refinado)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Plomo (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2

⁷⁸ En caso se realizará la estimación de incertidumbre los valores por defecto se encuentran en las Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.84.

⁷⁹ Los datos nacionales utilizados fueron los valores de producción de plomo fundido y refinado. El informante gubernamental que provee estadísticas nacionales sobre la producción minera es el Ministerio de Energía y Minas y para todos los años de la serie se han utilizado como fuentes de información sus reportes anuales. Sin embargo, solo en el año 2005 se reporta información pertinente a la estimación (se reporta plomo refinado, mas no fundido), mientras que para los otros años no hay reportes de producción de plomo fundido ni refinado. Dados estos casos, se asumió que la producción de plomo fundido y refinado es nula en los años 2010, 2012 y 2014, mientras que para el año 2000 se aplicó una extrapolación lineal con de datos conocidos de 2001 al 2008 de plomo refinado.

Producción minera de Plomo (refinado)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Plomo (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
Producción minera de Plomo (refinado)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Plomo (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2005). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2005</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4096
Producción minera de Plomo (refinado)	122,079	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2005). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2005</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4096
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Plomo (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2001). <i>Reporte Anual Producción Minera 2001</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4111

<p>Producción minera de Plomo (refinado)</p>	<p>120,068.98</p>	<p>tonelada (t)</p>	<p>Dato obtenido por extrapolación lineal de la serie de datos de: Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2001</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2002</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2003</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2004</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (2005). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2005</i>. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4096 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2006</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2007</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2008</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2009</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p>
--	-------------------	---------------------	---

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.3.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.3.3.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 87.

Tabla 87. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Plomo

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Revisión de los factores de emisión Los compiladores del inventario deben comparar los factores de emisión agregados nacionalmente con los factores por defecto del IPPC con el fin de determinar si el factor nacional es razonable en relación con el factor por defecto del IPPC. Las diferencias existentes entre los factores nacionales y los factores por defecto deben explicarse y documentarse, en particular si son representativas de circunstancias diferentes.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento porque no se calcularon factores de emisión nacionales.</p>

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Verificación de los datos de actividad específicos de la instalación Para los datos específicos de la instalación, los compiladores deben revisar las incoherencias entre instalaciones para establecer si reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Para la producción del plomo, los compiladores deben comparar los datos de la planta con los de otras plantas. Los compiladores deben garantizar que los factores de emisión y los datos de la actividad se determinen de acuerdo con los métodos de medición internacionalmente reconocidos y probados. Si las prácticas de medición no cumplen con este criterio, entonces la utilización de estas emisiones o datos de la actividad debe evaluarse cuidadosamente, deben reconsiderarse las estimaciones de incertidumbre y deben documentarse las calificaciones. Es también posible que en los sitios donde están en vigor parámetros altos de mediciones y de GC/CC, la incertidumbre en la estimación de emisiones sea revisada a la baja.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento porque no se utilizó información sobre plantas en un nivel 1.</p>
<p>Revisión de expertos En el proceso de revisión, los compiladores del inventario deben incluir las principales organizaciones industriales y comerciales relacionadas con la producción del plomo. Este proceso debe comenzar durante la etapa inicial del desarrollo del inventario, de modo que contribuya al desarrollo y la revisión de los métodos y a la adquisición de los datos. Para esta categoría de fuente puede ser útil recurrir también a revisores independientes, particularmente en relación con la recopilación inicial de datos, el trabajo de medición, la transcripción, los cálculos y la documentación.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento ni se realizó la identificación de organizaciones industriales y comerciales.</p>
<p>Verificación de los datos de la actividad Para todos los Niveles, los compiladores del inventario deben realizar verificaciones apoyándose en el Volumen 2: Energía, para garantizar que las emisiones generadas por los agentes reductores y los materiales de proceso (carbón, coque, gas natural, etc.) no ser contabilizadas por partida doble ni omitidas. Los compiladores del inventario deben examinar toda incoherencia entre los datos de diferentes plantas para establecer si reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Es particularmente pertinente para las estimaciones específicas de plantas sobre las cantidades de agentes reductores o sobre los contenidos de carbono declarados para los materiales de proceso. Allí donde se disponga de datos comerciales sobre el consumo de materiales de proceso, los compiladores del inventario deben comparar la agregación de las estimaciones al nivel de plantas con los totales de la industria.</p>	<p>Las verificaciones comparativas con el volumen 2 de Directrices del IPPC de 2006 (sector Energía) no se realizaron, por estar fuera del alcance del sector MYPE e Industria. Se recomienda sea parte de un control de calidad posterior al revisar el inventario integrado de todos los sectores para evitar doble contabilidad y omisiones.</p>

Fuente: Elaborado en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.85

6.3.3.7.2 Garantía de Calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.3.3.8 Sigüientes pasos

El siguiente paso es identificar las empresas que producen plomo fundido y hacer una evaluación de sus procesos y tecnologías. Dependiendo del número de empresas, evaluar si es factible la recopilación de información a nivel de plantas. Asimismo, es recomendable fortalecer la coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y con su Dirección General Minera profundizar el conocimiento sobre el alcance de la información utilizada como dato nacional de nivel de actividad.

6.3.4 Subcategoría 2C6: Producción de Zinc

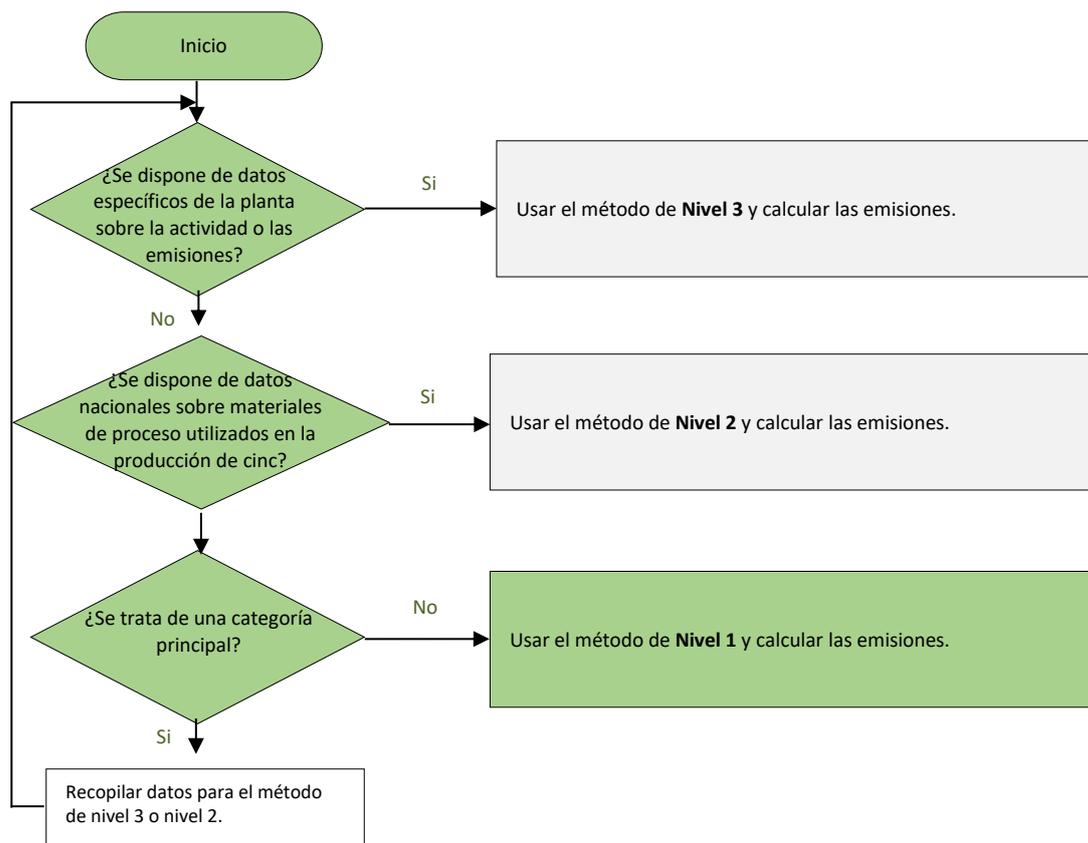
El IPCC (2006) se refiere a la subcategoría 2C6 como las vinculadas a la producción de zinc y le asigna la siguiente definición: “La producción de zinc cubre las emisiones tanto de la producción primaria de zinc a partir de mineral como de la recuperación de zinc a partir de chatarra metálica, excluyéndose las emisiones vinculadas al uso de combustibles. Tras la calcinación, el metal de zinc se produce por uno de los tres métodos siguientes: 1 – destilación electro-térmica; 2 – fundición piro-metalúrgica; 3 – electrólisis. Si se usan el método 1 o el 2, se emite dióxido de carbono (CO₂). El método 3 no provoca emisiones de dióxido de carbono. La recuperación de zinc a partir de chatarra de metal usa a menudo los mismos métodos que la producción primaria y por lo tanto puede producir emisiones de dióxido de carbono, que se incluye en esta sección” (IPCC, 2006)⁸⁰. El presente reporte describe la estimación de las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría aplicando un nivel metodológico 1. Cabe indicar, que se ha preferido usar el término Zinc (en lugar de Cinc) por ser el comúnmente usado en las fuentes de información nacionales.

6.3.4.1 Método de cálculo

El método de cálculo utilizado es del nivel 1 y fue elegido en función a la disponibilidad de información tal como se describe en la Figura 35.

⁸⁰ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Capítulo 8, Cuadro 8.2

Figura 35. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Zinc



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.89

A nivel nacional, no se dispone de datos de las plantas de producción de zinc sobre sus emisiones ni sobre su actividad. Tampoco se dispone de datos nacionales sobre los materiales del proceso, por lo que, considerando que no es una categoría principal pero que sí se cuenta con datos nacionales agregados sobre producción mineral metálica de zinc, la aplicación del árbol de decisiones recomienda utilizar para el presente RAGEI un nivel 1 de cálculo que usa factores de emisión por defecto y datos de producción nacional agregada. El nivel metodológico 1 se describe en la Tabla 88.

Tabla 88. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CO₂ - Subcategoría Producción de Zinc

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Nivel
2C6	Producción de zinc	Cantidad de cinc producido por tipo de proceso (Waelz Kiln, pirometalúrgico, electrotérmico), toneladas	Producción minera de Zinc (fundido)	1
			Producción minera de Zinc (refinado)	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La siguiente ecuación describe la estimación realizada de las emisiones de dióxido de carbono en el nivel 1.

Ecuación 4.33. Emisiones de CO₂, Nivel 1 - Subcategoría Producción de Zinc

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE CINC (NIVEL 1)

Emisiones de CO₂ = Zn x EF_{por defecto}

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ originadas por la producción de zinc, toneladas

Zn= cantidad de zinc producido, toneladas

EF_{por defecto}= factor de emisión por defecto, toneladas de CO₂/tonelada de zinc producido

Fuente: Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.87. Ecuación 4.33

6.3.4.2 Datos de actividad

El nivel de actividad ha sido determinado a partir de las estadísticas nacionales. La Tabla 89 describe la información utilizada.

Tabla 89. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2016 - Subcategoría Producción de Zinc

Clasificación	Fuente de emisión	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Valor	Unidad	Fuente de información
2C6	Producción de zinc	Cantidad de cinc producido por tipo de proceso (Waelz Kiln, pirometalúrgico, electrotérmico), toneladas	Producción minera de Zinc (fundido)	0.00	tonelada (t)	Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299
			Producción minera de Zinc (refinado)	312,338.95	tonelada (t)	Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2016</i> . Recuperado el 14 de noviembre de 2017, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=11299

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

En un nivel 1, se puede utilizar el valor de producción de zinc sin conocer los tipos de procesos. La producción de cinc se multiplica por el factor de emisión por defecto que considera proporciones por defecto de los procesos aplicados.

Como datos nacionales de esta subcategoría se ha considera la producción minera de zinc de fundición y de refinamiento. A pesar que las emisiones de dióxido de carbono se generan durante la etapa de fundición se ha incluido la etapa de refinamiento, entendiendo que todo producto refinado ha pasado por una fundición previa (y por lo tanto generado emisiones de dióxido de carbono). La fuente de información utilizada proviene del Ministerio de Energía y Minas, responsable de las estadísticas nacionales sobre producción minera.

No siempre esta fuente indica datos sobre fundición y refinamiento del zinc⁸¹. En el caso del año 2016 los valores utilizados son los descritos en la Tabla 89, cuando no se reportó producción de zinc fundido se ha considerado nulo.

6.3.4.3 Factores de emisión y conversión

En esta estimación al desconocerse los tipos de tecnologías utilizados en la producción de zinc, se aplicó el factor por defecto indicado por las Directrices del IPPC de 2006 que se basa en una ponderación de factores de emisión conocidos (60% Imperial Smelting, 40% Waelz Kiln). El factor de emisión por defecto utilizado se describe en la Tabla 90.

Tabla 90. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría Producción de Zinc

Dato	Valor	Unidad	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de emisión por defecto de CO ₂ para la producción de zinc	1.72	toneladas de CO ₂ / toneladas de zinc producido	D	Se seleccionó el valor por defecto, al desconocerse los tipos de procesos realizados. Fuente: Directrices del IPPC de 2006. Vol. 3, p. 4.88.

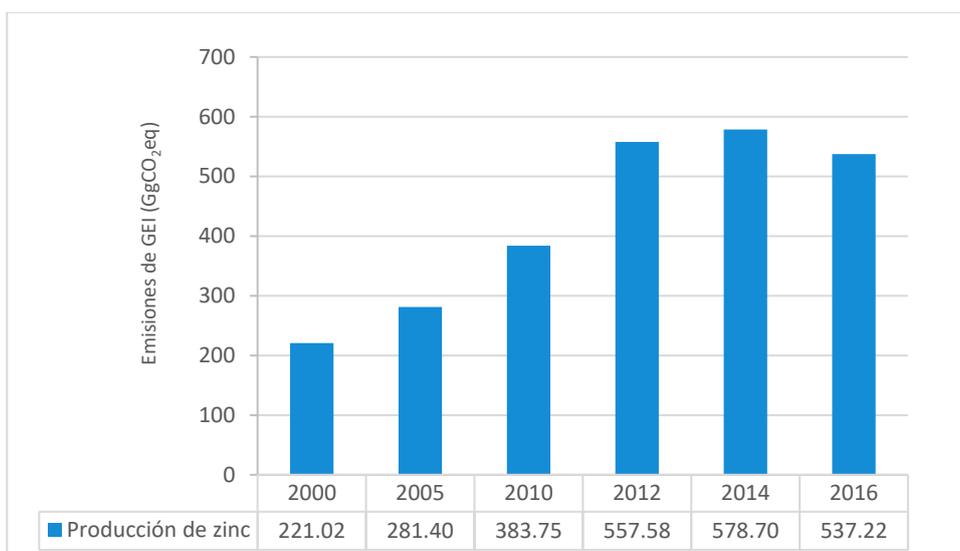
Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.4.4 Análisis de resultados

Las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de zinc se estiman que alcanzaron el valor de 537.22 Gg de CO₂ eq para el año 2016. Se aprecia una disminución de 7.17 % en relación al año 2014 y un incremento de 143.07% en relación al año 2000. En todo el periodo se mantiene una tendencia ascendente. La Figura 36 presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

⁸¹ Ver sección de análisis de resultados.

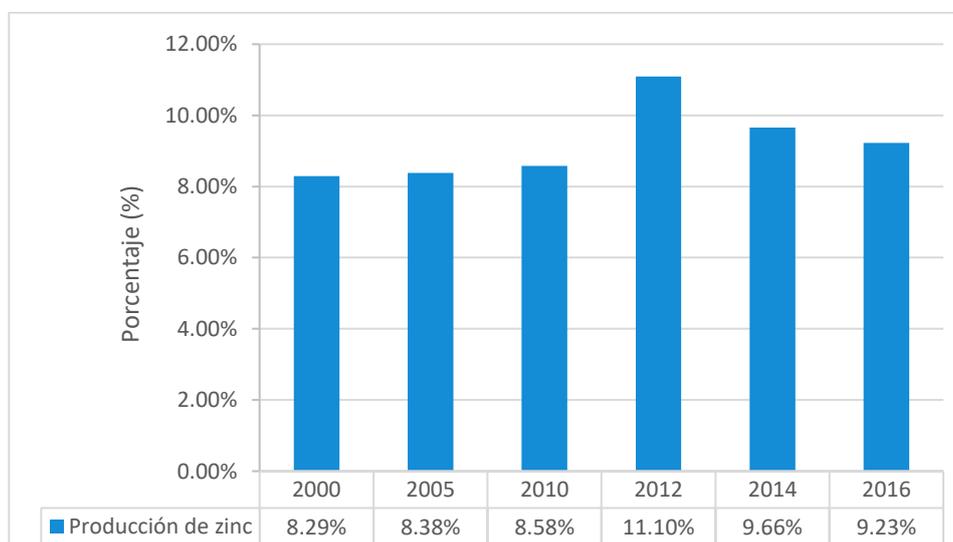
Figura 36. Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Zinc



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La subcategoría de producción de zinc representó el 9.23 % de las emisiones del año 2016 del sector PIUP con una ligera disminución respecto al año 2014 en el que participaba con 9.66 %.

Figura 37. Participación en las emisiones del sector PIUP en los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 - Subcategoría Producción de Zinc



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.4.5 Análisis de incertidumbre

Para determinar la incertidumbre de esta subcategoría se han utilizado los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPPC de 2006⁸². Cuando las directrices señalaban varios valores para considerar en la incertidumbre (en función a las hipótesis asumidas para el factor de emisión o el dato de actividad), se aplicó la regla B de combinación que describen las OBP2000⁸³ (ver Ecuación 6.4). Por otro lado, se optó por los valores medios cuando las directrices indicaban rangos.

Al factor de emisión, se le ha atribuido una incertidumbre de $\pm 50\%$ asociada al uso del factor de emisión por defecto del nivel 1 (ver Tabla 91).

Tabla 91. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Factor de Emisión - Subcategoría Producción de Zinc

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
50 %	Factor de emisión por defecto	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.90

Para el dato de actividad, se está utilizando el valor de la incertidumbre de $\pm 10\%$ asociado a los datos nacionales de producción, ya que no se cuenta con información específica a los procesos (ver Tabla 92).

Tabla 92. Hipótesis y valores de incertidumbre por defecto para el Dato de Actividad - Subcategoría Producción de Zinc

Incertidumbre (\pm)	Descripción	Nivel
10 %	Datos nacionales de producción	1

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.90

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 93. Estos indican que la incertidumbre combinada de esta fuente es igual a $\pm 50.99\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es igual a $\pm 1.70\%$. La incertidumbre podrá ser reducida a la medida que se cuente con mayor información sobre los procesos de producción de zinc.

⁸² Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.90

⁸³ OBP2000, Capítulo 6, Ecuación 6.4, p 6.13

Tabla 93. Estimación de incertidumbre - Subcategoría Producción de Zinc

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTOR								
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	A	B	E	F	G	M		
	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales totales		
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\sqrt{K^2 + L^2}$		
			%	%	%	%		
2			Procesos Industriales y uso de productos					
2C	Industria de los metales							
2C6	Producción de Zinc	CO ₂	10.00%	50.00%	±50.99%	±1.69%		

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para revisar y analizar las fórmulas y los valores por defecto utilizados en la estimación de incertidumbre se recomienda ver las hojas “Incertidumbre – resultados” e “Incertidumbre – valores” en la Planilla de Cálculo del año 2016. Además, en el Anexo 2 se presenta la tabla de estimación de la incertidumbre a nivel de fuentes por categorías.

6.3.4.6 Actualización de la serie temporal

Los valores de la serie de años 2000, 2005 y 2010, se mantuvieron según lo calculado en el marco del RAGEI PIUP 2014. Estos valores se obtuvieron a partir de las mismas fuentes⁸⁴ de y aplicando el mismo método de cálculo utilizado para el presente RAGEI.

La Tabla 94 presenta los valores de los datos nacionales obtenidos y utilizados, y sus fuentes de información.

⁸⁴ Los datos nacionales utilizados fueron los valores de producción de zinc fundido y refinado. El informante gubernamental que provee estadísticas nacionales sobre la producción minera es el Ministerio de Energía y Minas y para todos los años de la serie se utilizaron como fuentes de información sus reportes anuales. Los valores de producción minera usados para las estimaciones de los años 2005, 2010, 2012 y 2014 son tal y como han sido reportados en dichas fuentes, sin embargo, para el año 2000 la información que se reporta no especifica la producción de zinc en sus etapas de fundición y refinamiento por lo que, en lugar de utilizar el valor reportado, que no es pertinente pues representa concentrados. Esta extrapolación solo se aplicó a la producción de zinc refinado pues solo en un año se reportó fundición (2012) lo cual no permite extrapolar en dicho caso

Tabla 94. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal - Subcategoría Producción de Zinc

2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Zinc (fundido)	0.00	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2
Producción minera de Zinc (refinado)	336,454.40	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Zinc (fundido)	4,894	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2
Producción minera de Zinc (refinado)	319,280	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Zinc (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
Producción minera de Zinc (refinado)	223,112	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Zinc (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
Producción minera de Zinc (refinado)	163,603	tonelada (t)	Dato reportado en: Ministerio de Energía y Minas. (2005). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2005</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas:

			http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4096
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción minera de Zinc (fundido)	0	tonelada (t)	No se encontró fuente que reporte el dato. Se asumió que es nulo pues no se reporta en: Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641
Producción minera de Zinc (refinado)	128,499.91	tonelada (t)	Dato obtenido por extrapolación lineal de serie de datos de: Ministerio de Energía y Minas. (2016). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2014</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=8670 Ministerio de Energía y Minas. (2012). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2012</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10&pagina=2 Ministerio de Energía y Minas. (2010). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2010</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=641 Ministerio de Energía y Minas. (2005). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2005</i> . Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=4096 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2001</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2002</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2003</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2004</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2006</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10 Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2007</i> . Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10

			<p>Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2008</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p> <p>Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2009</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p> <p>Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2011</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p> <p>Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2013</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p> <p>Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). <i>Reporte Anual de Producción Minera 2015</i>. Recuperado el 30 de setiembre de 2016, de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10</p>
--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

6.3.4.7 Control de calidad y garantía de la calidad

6.3.4.7.1 Control de calidad

Se consideraron los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la Tabla 12

Tabla 12 del presente reporte. Además de los procedimientos generales, las Directrices del IPPC de 2006 recomiendan procedimientos específicos. Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo se describen en la Tabla 95.

Tabla 95. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Subcategoría Producción de Zinc

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Revisión de los factores de emisión Los compiladores del inventario deben comparar los factores de emisión agregados nacionalmente con los factores por defecto del IPPC con el fin de determinar si el factor nacional es razonable en relación con el factor por defecto del IPPC. Las diferencias significativas existentes entre los factores nacionales y el factor por defecto deben explicarse y documentarse, en particular si son representativas de circunstancias diferentes.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento porque no se calcularon factores de emisión nacionales.</p>

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación
<p>Verificación de los datos de actividad específicos de la instalación</p> <p>Para los datos específicos de la instalación, los compiladores del inventario deben revisar las incoherencias existentes entre instalaciones, para establecer si reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Para la producción de cinc, los compiladores deben comparar los datos de la planta con los de otras plantas.</p> <p>Los compiladores deben garantizar que los factores de emisión y los datos de la actividad se determinen de acuerdo con los métodos de medición internacionalmente reconocidos y probados. Si las prácticas de medición no cumplen con este criterio, entonces la utilización de estas emisiones o datos de la actividad debe evaluarse cuidadosamente, deben reconsiderarse las estimaciones de incertidumbre y deben documentarse las calificaciones. Es también posible que en los sitios donde están en vigor parámetros altos de mediciones y de GC/CC, la incertidumbre en la estimación de emisiones sea revisada a la baja.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento porque no se utilizó información sobre plantas en un nivel 1.</p>
<p>Revisión de expertos</p> <p>Los compiladores del inventario deben incluir en el proceso de revisión las principales organizaciones industriales y comerciales relacionadas con la producción del cinc. Este proceso debe comenzar al inicio del desarrollo del inventario, de modo que contribuya al desarrollo y a la revisión de los métodos y a la adquisición de los datos.</p> <p>Para esta categoría de fuente puede ser útil recurrir también a revisores independientes, particularmente en relación con la recolección inicial de datos, el trabajo de medición, la transcripción, los cálculos y la documentación.</p>	<p>No se aplicó el procedimiento ni se realizó la identificación de organizaciones industriales y comerciales.</p>
<p>Verificación de los datos de la actividad</p> <p>Para todos los Niveles, los compiladores del inventario deben garantizar que las emisiones generadas por los agentes reductores y los materiales de proceso (carbón, coque, gas natural, etc.) no sean contabilizadas por partida doble ni omitidas.</p> <p>Los compiladores deben examinar toda incoherencia existente entre los datos de diferentes plantas para establecer si reflejan la presencia de errores, de técnicas de medición diferentes, o bien resultan de diferencias reales en las emisiones, en las condiciones de funcionamiento o en las tecnologías. Esto es particularmente pertinente para las estimaciones específicas de plantas sobre las cantidades de agentes reductores o sobre los contenidos de carbono declarados para los materiales de proceso.</p> <p>Allí donde se disponga de datos comerciales sobre el consumo de materiales de proceso, los compiladores deben comparar la agregación de las estimaciones al nivel de plantas con los totales de la industria.</p>	<p>Las verificaciones comparativas con el volumen 2 de Directrices del IPPC de 2006 (sector Energía) no se realizaron, por estar fuera del alcance del sector MYPE e Industria.</p> <p>Se recomienda sea parte de un control de calidad posterior al revisar el inventario integrado de todos los sectores para evitar doble contabilidad y omisiones.</p>

Fuente: Elaborado en base a Directrices del IPPC de 2006, Volumen 3, Capítulo 4, p. 4.91

6.3.4.7.2 Garantía de Calidad

Los procedimientos de garantía de la calidad aplicados al presente RAGEI se presentan en el numeral 5.4.2.

6.3.4.8 Sigüientes pasos

El siguiente paso es identificar las empresas que producen zinc y hacer una evaluación de sus procesos y tecnologías. Dependiendo del número de empresas que se identifique, se debe evaluar si es factible la recopilación de información a nivel de plantas. Asimismo, es recomendable fortalecer la coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y con su Dirección General Minera para profundizar el conocimiento sobre el alcance de la información utilizada como dato nacional de nivel de actividad.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de la Producción. (2017). *Reporte Anual de Gases de efecto Invernadero del Sector Procesos Industriales y Uso de Productos del año 2014 – RAGEI PIUP 2014*. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria del Viceministerio de MYPE e Industria.

Ministerio de la Producción. (2017). *Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2016*. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudio Económicos.

Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2015). *Directorio de empresas 2015 de la SUNAT (Registro Único de Contribuyentes)*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria.

The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. (National Greenhouse Gas Inventories Programme, H. Eggleston, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Edits.) Japón: IGES. Obtenido de The Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

8. ANEXOS

Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Marco Osorio Villegas
Cargo	Especialista técnico ambiental Coordinador RAGEI
Correo Electrónico	mosorio@produce.gob.pe
Teléfono - Anexo	6162222 - 3537
Dirección de Línea	Dirección de Gestión Ambiental Dirección General de Asuntos Ambientales de Industrias Viceministerio de MYPE e Industria
Institución	Ministerio de la Producción

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Rocío Magaly Olaya Schreiber
Cargo	Locadora de servicios
Correo Electrónico	rolaya@produce.gob.pe
Teléfono	991.980.192
Dirección de Línea	Dirección de Gestión Ambiental Dirección General de Asuntos Ambientales de Industrias Viceministerio de MYPE e Industria
Institución	Ministerio de la Producción

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

INCERTIDUMBRE POR FUENTE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL SECTORES Y CATEGORÍAS													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL2006)	Categoría del IPCC	Gas	Emisiones año base (INGEI 2010)	Emisiones año t (RAGEI 2014)	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	Sensibilidad tipo A	Sensibilidad tipo B	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
			Datos de entrada Gg CO ₂ eq	Datos de entrada Gg CO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	%	%	$D / \Sigma C$	$I \cdot F$	$J \cdot E \cdot \sqrt{2}$
2 Procesos Industriales y uso de productos													
2A Industria de los minerales													
2A1	Producción de Cemento	CO ₂	3,339.80	4,223.58	1.50%	58.39%	58.41%	48.81%	-0.08%	113.43%	-0.05%	2.41%	2.41%
2A2	Producción de Cal	CO ₂	270.44	702.85	5.00%	2.83%	5.74%	0.80%	0.09%	18.88%	0.00%	1.33%	1.33%
2A3	Producción de Vidrio	CO ₂	34.45	35.24	40.31%	60.00%	72.28%	0.50%	0.00%	0.95%	0.00%	0.54%	0.54%
2A4	Otros usos de Carbonatos								0.00				
2A4a	Cerámicas	CO ₂	65.39	72.77	2.83%	3.00%	4.12%	0.06%	0.00%	1.95%	0.00%	0.08%	0.08%
2A4b	Ceniza de sosa	CO ₂	13.62	19.51	2.83%	3.00%	4.12%	0.02%	0.00%	0.52%	0.00%	0.02%	0.02%
			3,723.71	5,054.11				48.82%				+/-	2.81%
2B Industria química													
2B7	Producción de Ceniza de Sosa	CO ₂	0.09	0.06	5.00%	0.00%	5.00%	5.00%	0.00%	64.70%	0.00%	4.57%	4.57%
			0.09	0.06				5.00%				+/-	4.57%
2C Industria de los metales													
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO ₂	184.51	99.56	10.00%	25.00%	26.93%	4.21%	-0.19%	17.52%	-0.05%	2.48%	2.48%
2C6	Producción de Zinc	CO ₂	383.75	537.22	10.00%	50.00%	50.99%	43.02%	0.19%	94.54%	0.09%	13.37%	13.37%
			568.26	636.78				43.22%				+/-	13.60%
2B Industria química													
2B2	Producción de Ácido Nítrico	N ₂ O	178.67	131.41	2.00%	40.00%	40.05%	40.05%	0.00%	73.55%	0.00%	2.08%	2.08%
			178.67	131.41				40.05%				+/-	2.08%
2C Industria de los metales													
2C1	Producción de Hierro y Acero	CH ₄	0.03	0.00	10.00%	25.00%	26.93%	25.00%	0.00%	10.40%	0.00%	1.47%	1.47%
			0.03	0.00				25.00%				+/-	1.47%

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE) en base a OBP2000, Capítulo 6, p. 6.17 (The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)

