# INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (INGEI) 2005

## ÍNDICE DE CONTENIDO


**ABREVIATURAS** ..... 1

**1. INTRODUCCIÓN** ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**2. RESUMEN EJECUTIVO** ..... 3

**3. OBJETIVOS** ..... 25

**4. GENERALIDADES DE LOS SECTORES** ..... 26

**4.1. Energía (fuentes estacionarias)** ..... 26

**4.2. Energía (fuentes móviles)** ..... 30

**4.3. Procesos Industriales y Uso de Productos** ..... 34

**4.4. Agricultura** ..... 41

**4.5. Uso de suelos y cambio de uso de suelos y Silvicultura** ..... 43

**4.6. Desechos** ..... 48

**5. METODOLOGÍA DE TRABAJO** ..... 52

**5.1. Energía (fuentes estacionarias)** ..... 53

**5.1.1 Quema de combustibles** ..... 57

5.1.1.1 Elección del nivel de cálculo ..... 57

5.1.1.2 Descripción del nivel de actividad ..... 59

5.1.1.3 Variables y constantes ..... 64

**5.1.2 Emisiones Fugitivas** ..... 65

5.1.2.1 Elección del nivel de cálculo ..... 65

5.1.2.2 Descripción del nivel de actividad ..... 70

5.1.2.3 Variables y constantes ..... 74

**5.2. Energía (fuentes móviles)** ..... 75

**5.2.1. Aviación Civil** ..... 75

5.2.1.1. Elección del nivel de cálculo ..... 76

5.2.1.2. Descripción del nivel de actividad ..... 78

5.2.1.3. Variables y constantes ..... 80

**5.2.2. Transporte terrestre** ..... 81

5.2.2.1. Elección del nivel de cálculo ..... 81

5.2.2.2. Descripción del nivel de actividad ..... 84

5.2.2.3. Variables y Constantes ..... 89

**5.2.3. Transporte ferroviario** ..... 91

5.2.3.1. Elección del nivel de cálculo ..... 91

5.2.3.2. Descripción del nivel de actividad ..... 93

5.2.3.3. Variables y Constantes ..... 95

**5.2.4. Transporte marítimo y fluvial** ..... 95

5.2.4.1. Elección del nivel de cálculo ..... 95

5.2.4.2. Descripción del nivel de actividad ..... 97

5.2.4.3. Variables y Constantes ..... 99
**5.2.5. Otro tipo de transporte** ..... 100
5.2.5.1. Elección del nivel de cálculo ..... 100
5.2.5.2. Descripción del nivel de actividad ..... 102
5.2.5.3. Variables y Constantes ..... 104
**5.3. Procesos industriales y uso de productos** ..... 105
**5.3.1. Industria de los minerales** ..... 105
5.3.1.1. Producción de cemento ..... 106
Elección del nivel de cálculo ..... 106
Descripción del nivel de actividad ..... 108
Variables y constantes ..... 108
5.3.1.2. Producción de cal ..... 109
Elección del nivel de cálculo ..... 109
Descripción del nivel de actividad ..... 110
Variables y constantes ..... 111
5.3.1.3. Otros usos de carbonatos en los procesos (cerámica: producción de ladrillos) ..... 111
Elección del nivel de cálculo ..... 111
Descripción del nivel de actividad ..... 112
Variables y constantes ..... 113
5.3.1.4. Otros usos de carbonatos en los procesos (otros usos de ceniza de sosa) ..... 113
Elección del nivel de cálculo ..... 113
Descripción del nivel de actividad ..... 114
Variables y constantes ..... 115
**5.3.2. Industria química** ..... 115
5.3.2.1. Producción de amoníaco ..... 116
Elección del nivel de cálculo ..... 116
Descripción del nivel de actividad ..... 117
Variables y constantes ..... 118
5.3.2.2. Producción de carburo ..... 118
Elección del nivel de cálculo ..... 118
Descripción del nivel de actividad ..... 120
Variables y constantes ..... 120
**5.3.3. Industria de los metales** ..... 121
5.3.3.1. Producción de hierro y acero ..... 121
Elección del nivel de cálculo ..... 121
Descripción del nivel de actividad ..... 122
Variables y constantes ..... 123
5.3.3.2. Producción de aluminio ..... 123
Elección del nivel de cálculo ..... 123

Descripción del nivel de actividad ..... 125
Variables y constantes ..... 125
5.3.3.3. Producción de plomo ..... 125
Elección del nivel de cálculo ..... 125
Descripción del nivel de actividad ..... 126
Variables y constantes ..... 127
5.3.3.4. Producción de cinc ..... 127
Elección del nivel de cálculo ..... 127
Descripción del nivel de actividad ..... 129
Variables y constantes ..... 129
**5.4. Agricultura** ..... 129
**5.4.1. Fermentación entérica** ..... 130
5.4.1.1. Elección del nivel de cálculo ..... 130
5.4.1.2. Descripción del nivel de actividad ..... 133
5.4.1.3. Variables y constantes ..... 135
**5.4.2. Manejo de estiércol** ..... 136
5.4.2.1. Elección del nivel de cálculo ..... 136
5.4.2.2. Descripción del nivel de actividad ..... 140
5.4.2.3. Variables y constantes ..... 145
**5.4.3. Cultivos de arroz** ..... 148
5.4.3.1. Elección del nivel de cálculo ..... 148
5.4.3.2. Descripción del nivel de actividad ..... 150
5.4.3.3. Variables y constantes ..... 152
**5.4.4. Suelos agrícolas** ..... 152
5.4.4.1. Elección del nivel de cálculo ..... 153
5.4.4.2. Descripción del nivel de actividad ..... 156
5.4.4.3. Variables y constantes ..... 158
**5.4.5. Quema de sabanas** ..... 158
5.4.5.1. Elección del nivel de cálculo ..... 158
5.4.5.2. Descripción del nivel de actividad ..... 161
5.4.5.3. Variables y constantes ..... 163
**5.4.6. Quema de residuos agrícolas** ..... 163
5.4.6.1. Elección del nivel de cálculo ..... 163
5.4.6.2. Descripción del nivel de actividad ..... 165
5.4.6.3. Variables y constantes ..... 167
**5.5. Uso de suelos y cambio de uso de suelos y Silvicultura** ..... 169
5.5.1. **Tierras Forestales** ..... 171
5.5.1.1. Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (TFTF) ..... 171
Elección del Nivel de Cálculo ..... 171

Descripción del Nivel de Actividad ..... 175
Variables y Constantes ..... 183
5.5.1.2. Tierras que se convierten en Tierras Forestales (TTF) ..... 184
Elección del Nivel de Cálculo ..... 184
Descripción del Nivel de Actividad ..... 188
Variables y Constantes ..... 189
**5.5.2. Tierras Agrícolas** ..... 190
5.5.2.1. Tierras Agrícolas que permanecen como Tierras Agrícolas (TATA) ..... 190
Elección del Nivel de Cálculo ..... 190
Descripción del Nivel de Actividad ..... 193
Variables y Constantes ..... 194
5.5.2.2. Tierras Forestales que se convierten en Tierras Agrícolas (TFTA) ..... 195
Elección del Nivel de Cálculo ..... 195
Descripción del Nivel de Actividad ..... 199
Variables y Constantes ..... 202
**5.5.3. Praderas** ..... 204
5.5.3.1. Tierras Forestales que se convierten en Praderas (TFP) ..... 204
Elección del Nivel de Cálculo ..... 204
Descripción del Nivel de Actividad ..... 207
Variables y Constantes ..... 208
**5.5.4. Asentamientos** ..... 210
5.5.4.1. Tierras Forestales que se convierten en Asentamientos (TFA) ..... 210
Elección del Nivel de Cálculo ..... 210
Descripción del Nivel de Actividad ..... 212
Variables y Constantes ..... 212
**5.5.5. Otras Tierras** ..... 213
5.5.5.1. Tierras Forestales que se convierten en Otras Tierras (TFOT) ..... 213
Elección del Nivel de Cálculo ..... 213
Descripción del Nivel de Actividad ..... 215
Variables y Constantes ..... 215
**5.6. Desechos** ..... 217
5.6.1.1. Descripción del nivel de actividad ..... 219
5.6.1.2. Variables y constantes ..... 221
**5.6.2. Efluentes industriales** ..... 222
5.6.2.1. Elección del nivel de cálculo ..... 222
5.6.2.2. Descripción del nivel de actividad ..... 224
5.6.2.3. Variables y constantes ..... 226
**5.6.3. Aguas residuales domésticas** ..... 227
5.6.3.1. Elección del nivel de cálculo ..... 227

5.6.3.2. Descripción del nivel de actividad ..... 230
5.6.3.3. Variables y constantes ..... 232
**5.6.4. Excretas humanas** ..... 232
5.6.4.1. Elección del nivel de cálculo ..... 232
5.6.4.2. Descripción del nivel de actividad ..... 233
5.6.4.3. Variables y constantes ..... 233
**6. LIBROS DE TRABAJO** ..... 235
**6.1. Energía** ..... 237
**6.2. Procesos industriales y uso de productos** ..... 241
**6.3. Agricultura** ..... 245
**6.4. USCUSS** ..... 248
**6.5. Desechos** ..... 250
**7. RESULTADOS INGEI 2005** ..... 253
**7.1. Energía** ..... 256
**7.2. Procesos Industriales y uso de Productos** ..... 262
**7.3. Agricultura** ..... 266
**7.4. USCUSS** ..... 266
**7.5. Desechos** ..... 271
**8. PLAN DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD** (avance) ..... 274
**8.1. PERSONAL DE CC** ..... **¡Error! Marcador no definido.**
**8.2. Energía (fuentes estacionarias)** ..... 275
**8.3. Energía (fuentes móviles)** ..... 275
**8.4. Procesos industriales y uso de productos** ..... 278
**8.5. Agricultura** ..... 279
**8.6. Desechos** ..... 280
**9. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS CLAVE** (avance) ..... 282
**10. CONCLUSIONES** ..... 283
**10.1. Energía** ..... 283
**10.2. Procesos industriales** ..... 284
**10.3. Agricultura** ..... 284
**10.4. USCUSS** ..... 284
**10.5. Desechos** ..... 285
**11. RECOMENDACIONES** ..... 286
**11.1. Energía** ..... 286
**11.2. Procesos industriales y uso de productos** ..... 286
**11.3. Agricultura** ..... 286
**11.4. USCUSS** ..... 287
**11.5. Desechos** ..... 287

## Índice de tablas


*Tabla 1: Descripción de categorías en los sectores considerados en el INGEI 2005* ..... 4
*Tabla 2: Resultados finales - INGEI 2005* ..... 9
*Tabla 3: Emisiones GEI 2005 por fuente, Energía* ..... 13
*Tabla 4: Emisiones GEI 2012 por fuente, Procesos Industriales* ..... 17
*Tabla 5: Emisiones de GEI 2005 por fuente – Agricultura* ..... 19
*Tabla 6: Emisiones GEI 2012 por fuente – USCUSS* ..... 20
*Tabla 7: Emisiones de GEI 2005 por fuente – Desechos* ..... 23
*Tabla 8: Balance del gas natural en el Perú (expresado en $10^6 m^{3\,0}$)* ..... 29
*Tabla 9: PBI del Sector Transportes, según modos 2004-2005* ..... 32
*Tabla 10: PBI del sector Transportes (millones PEN), según modos 2000-2005* ..... 32
*Tabla 11: Inventario Nacional de Emisiones GEI 2000* ..... 33
*Tabla 12: Inventario Nacional de Emisiones GEI 2005* ..... 33
*Tabla 13: Tipos de cemento comercializados en el Perú* ..... 36
*Tabla 14: Superficie agropecuaria del Perú - 2005* ..... 41
*Tabla 15: Superficie agrícola del Perú - 2005* ..... 41
*Tabla 16: Re- Categorización de Tipos de Bosque del IPCC y las unidades de Vegetación del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú* ..... 44
*Tabla 17: Subcategorías UTCUTS, según OBP 2003 y su correspondencia con las subcategorías IPCC 1996* ..... 48
*Tabla 18: GPC según región y población* ..... 49
*Tabla 19: Producción 2005* ..... 50
*Tabla 20: Categorías, subcategorías y fuentes del sector energía (fuentes estacionarias)* ..... 53
*Tabla 21: Gases de efecto invernadero considerados en el sector Energía* ..... 56
*Tabla 22: Nivel de Actividad para quema de combustible en fuentes estacionarias* ..... 60
*Tabla 23: Consumo de combustible por tipo, en los sistemas de generación pública eléctrica del país* ..... 61
*Tabla 24: Consumo de combustible por tipo, en generación de energía para consumo propio* ..... 61
*Tabla 25: Consumo de combustible (TJ) por tipo, en sectores económicos del Perú* ..... 63
*Tabla 26: VCN de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía* ..... 64
*Tabla 27: Densidades de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía* ..... 64
*Tabla 28: Factores de emisión de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía* ..... 64
*Tabla 29: Nivel de actividad en la categoría de emisiones fugitivas* ..... 71
*Tabla 30: Producción de petróleo crudo por ubicación en Perú* ..... 71
*Tabla 31: Producción de gas natural por lote en Perú* ..... 71
*Tabla 32: Extracción de carbón en Perú* ..... 72
*Tabla 33: Total pozos por tipo* ..... 72
*Tabla 34: Balance del gas natural en el Perú (expresado en $10^6 m^3$)* ..... 73
*Tabla 35: Factores de emisión para emisiones fugitivas* ..... 74
*Tabla 36: Categorías, subcategorías y fuentes del sector energía (fuentes móviles)* ..... 75
*Tabla 37: Nivel de Actividad de Subcategoría de Aviación civil, año 2005* ..... 78
*Tabla 38: Ratio de consumo de combustible para vuelos especiales* ..... 80
*Tabla 39: Consumo de combustible para viajes aéreos especial* ..... 80
*Tabla 40: VCN de los combustibles en aviación civil* ..... 80
*Tabla 41: Densidades de los combustibles en aviación civil* ..... 81
*Tabla 42: Factores de emisión de $CO_2$ para Aviación civil* ..... 81
*Tabla 43: Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para Aviación* ..... 81
*Tabla 44: Nivel de Actividad de la categoría transporte terrestre, año 2005* ..... 85
*Tabla 45: Estimación regresiva de combustible vendido en grifos año 2005* ..... 87
*Tabla 46: Vehículos registrados por tipo de combustible año 2011* ..... 87
*Tabla 47: Participación porcentual en Vehículos registrados por tipo de combustible* ..... 88

*Tabla 48: Vehículos en circulación año 2005* ..... 88
*Tabla 49: Clase de vehículo circulante por tipo de combustible 2005* ..... 88
*Tabla 50: Combustible vendido en los grifos, distribuido por tipo de vehículo y combustible* ..... 89
*Tabla 51: GNV vendido, distribuido por tipo de vehículo y combustible ($m^3$)* ..... 89
*Tabla 52: VCN de los combustibles en transporte terrestre* ..... 89
*Tabla 53: Densidades de los combustibles en transporte terrestre* ..... 89
*Tabla 54: Factores de emisión de $CO_2$ para transporte terrestre* ..... 90
*Tabla 55: Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para transporte terrestre* ..... 90
*Tabla 56: Nivel de Actividad de la subcategoría transporte ferroviario, año 2005* ..... 93
*Tabla 57: Ratio de consumo de combustible de las locomotoras del INGEI 2000* ..... 94
*Tabla 58: Consumo de combustible en empresas ferroviarias* ..... 94
*Tabla 59: VCN de los combustibles en transporte ferroviario* ..... 95
*Tabla 60: Densidades de los combustibles en transporte ferroviario* ..... 95
*Tabla 61: Factores de emisión GEI para transporte ferroviario* ..... 95
*Tabla 62: Nivel de Actividad de la subcategoría transporte marítimo y fluvial, año 2005* ..... 97
*Tabla 63: Parque de naves fluviales para el año 2005* ..... 97
*Tabla 64: Ratio de Consumo de combustible en transporte fluvial* ..... 98
*Tabla 65: Consumo de combustible 2005 – Transporte fluvial* ..... 98
*Tabla 66: Consumo de combustible estimado en navegación marítima nacional – Puerto Callao* ..... 98
*Tabla 67: Consumo de combustible en navegación* ..... 99
*Tabla 68: VCN de los combustibles en transporte marítimo y fluvial* ..... 99
*Tabla 69: Densidades de los combustibles en transporte marítimo y fluvial* ..... 99
*Tabla 70: Factores de emisión GEI para transporte marítimo y fluvial* ..... 100
*Tabla 71: Nivel de Actividad de la subcategoría Otro tipo de transporte, año 2005* ..... 102
*Tabla 72: Consumo de combustible para Transporte por Gaseoductos* ..... 103
*Tabla 73: VCN de los combustibles en otro tipo transporte* ..... 104
*Tabla 74: Densidades de los combustibles en otro tipo de transporte* ..... 104
*Tabla 75: Factores de emisión GEI de consumo de combustible utilizado para transporte por gaseoducto* ..... 104
*Tabla 76: Categorías, subcategorías y fuentes del sector Procesos Industriales y Uso de Productos* ..... 105
*Tabla 77: Industria de los minerales, procedencia y calidad de información* ..... 106
*Tabla 78: Producción de clínker por tipo* ..... 108
*Tabla 79: Porcentaje del carbonato en el clínker por tipo* ..... 108
*Tabla 80: Variables y constantes, Producción de cemento* ..... 109
*Tabla 81: Producción de cal 2012* ..... 111
*Tabla 82: Variables y constantes, Producción de cal* ..... 111
*Tabla 83: Uso de piedra caliza/dolomita* ..... 113
*Tabla 84: Porcentaje de la producción de cal* ..... 113
*Tabla 85: Variables y constantes, Uso de caliza / dolomita* ..... 113
*Tabla 86: Producción de carbonato de sodio - 2005* ..... 115
*Tabla 87: Variables y constantes, Producción de carbonato de sodio* ..... 115
*Tabla 88: Industria química, procedencia y calidad de información* ..... 115
*Tabla 89: Producción de amoníaco* ..... 118
*Tabla 90: Variables y constantes, Producción de amoníaco* ..... 118
*Tabla 91: Producción de carburo de calcio* ..... 120
*Tabla 92: Variables y constantes, Producción de carburo de calcio* ..... 120
*Tabla 93: Industria de los metales, procedencia y calidad de información* ..... 121
*Tabla 94: Producción de acero* ..... 123
*Tabla 95: Producción de hierro fundido* ..... 123
*Tabla 96: Variables y constantes, Producción de hierro y acero* ..... 123
*Tabla 97: Producción de aluminio* ..... 125
*Tabla 98: Variables y constantes, Producción de aluminio* ..... 125
*Tabla 99: Producción de plomo* ..... 127

*Tabla 100: Variables y constantes, Producción de plomo* ..... *127*
*Tabla 101: Producción de cinc* ..... *129*
*Tabla 102: Variables y constantes, Producción de cinc* ..... *129*
*Tabla 103: Fuentes del sector agricultura* ..... *129*
*Tabla 104: Fuentes de emisión y GEI generados* ..... *129*
*Tabla 105: Nivel de actividad para la fermentación entérica* ..... *133*
*Tabla 106: Población anual del ganado según tipo - 2005* ..... *134*
*Tabla 107: Producción de leche* ..... *134*
*Tabla 108: Peso promedio del ganado* ..... *135*
*Tabla 109: Variables usadas para determinar factores de emisión de la fermentación entérica* ..... *135*
*Tabla 110: Factores de emisión por fermentación entérica* ..... *135*
*Tabla 111: Nivel de actividad para el manejo de estiércol* ..... *140*
*Tabla 112: Población del ganado según región* ..... *141*
*Tabla 113: Temperatura promedio según región* ..... *143*
*Tabla 114: Departamentos según región climática* ..... *144*
*Tabla 115: Factores de emisión de metano por manejo de estiércol* ..... *145*
*Tabla 116: Factores de emisión de $N_2O$ por sistema de manejo de estiércol* ..... *147*
*Tabla 117: Tasas de excreción de nitrógeno* ..... *147*
*Tabla 118: Porcentaje del nitrógeno en el estiércol producido según tipo de sistema de manejo de estiércol (SME)* ..... *147*
*Tabla 119: Nivel de actividad para cultivos de arroz* ..... *150*
*Tabla 120: Hectáreas de arroz cosechadas* ..... *151*
*Tabla 121: Regímenes del manejo de agua en el Perú* ..... *152*
*Tabla 122: Factores de emisión para los cultivos de arroz* ..... *152*
*Tabla 123: Nivel de actividad para suelos agrícolas* ..... *156*
*Tabla 124: Importación de principales fertilizantes químicos* ..... *157*
*Tabla 125: Porcentaje de nitrógeno en fertilizantes* ..... *157*
*Tabla 126: Producción de cultivos no fijadores del nitrógeno* ..... *157*
*Tabla 127: Producción de cultivos fijadores del nitrógeno* ..... *158*
*Tabla 128: Factores de emisión usados por suelos agrícolas* ..... *158*
*Tabla 129: Nivel de actividad para la quema de sabanas* ..... *161*
*Tabla 130: Superficies agropecuarias por departamento* ..... *161*
*Tabla 131: Densidad de la biomasa de sabana por departamento* ..... *162*
*Tabla 132: Factores de emisión usados por quema de sabanas* ..... *163*
*Tabla 133: Nivel de actividad para la quema de residuos agrícolas* ..... *166*
*Tabla 134: Producción anual de cultivos según tipo* ..... *166*
*Tabla 135: Fracción de residuos quemados en campo* ..... *167*
*Tabla 136: Factores de emisión usados por la quema de residuos agrícolas* ..... *167*
*Tabla 137: Fracción de nitrógeno y carbono en residuos agrícolas* ..... *168*
*Tabla 138: Tasas de emisión* ..... *168*
*Tabla 139: Categoría de fuentes en el sector USCUSS* ..... *169*
*Tabla 140: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TFTF* ..... *176*
*Tabla 141: Madera Rolliza Aprovechada 2005* ..... *176*
*Tabla 142: Estimación de Consumo de Leña 2005* ..... *179*
*Tabla 143: Superficie Reforestada por Departamento 2005* ..... *179*
*Tabla 144. Superficie Final de Plantaciones a usar en cálculos* ..... *180*
*Tabla 145: Incendios Forestales Reportados por INDECI 2005* ..... *181*
*Tabla 146: Incendios Forestales vs Ecozonas* ..... *182*
*Tabla 147: Factores de emisión usados en TFTF* ..... *183*
*Tabla 148: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TTF* ..... *189*
*Tabla 149. Factores de Emisión para el cálculo de incremento de biomasa en TTF* ..... *189*
*Tabla 150: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS* ..... *193*

*Tabla 151: Superficie Existente de Cultivos Perennes 2005* ..... *194*
*Tabla 152: Factores de emisión usados en TATA* ..... *194*
*Tabla 153: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS* ..... *199*
*Tabla 154: Área de Cambio de Bosque Primario a otros Usos 2005* ..... *200*
*Tabla 155: Área de Cambio de Bosque Primario Procesado 2005* ..... *201*
*Tabla 156: Factores de emisión usados en conversión de tierras TFTA* ..... *202*
*Tabla 157: Factores de emisión usados para estimación de emisión de suelos* ..... *203*
*Tabla 158: Factores de emisión para calcular emisiones de otros gases conversión TFTA* ..... *203*
*Tabla 159: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS* ..... *207*
*Tabla 160 : Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de Biomasa Viva por conversión TFP* ..... *208*
*Tabla 161: Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de suelos por conversión TFP* .. *208*
*Tabla 162: Factores de emisión para calcular emisiones de otros gases conversión TFP* ..... *209*
*Tabla 163: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS* ..... *212*
*Tabla 164: Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de Biomasa Viva por conversión TFA* ..... *212*
*Tabla 165: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TFOT* ..... *215*
*Tabla 166: Factores de emisión usados para estimación de emisión de suelos* ..... *216*
*Tabla 167: Nivel de actividad para residuos sólidos* ..... *219*
*Tabla 168: Generación per cápita residuos sólidos* ..... *220*
*Tabla 169: Caracterización de residuos sólidos según región natural y población* ..... *220*
*Tabla 170: FCM según lugares de eliminación de residuos sólidos* ..... *221*
*Tabla 171: Nivel de actividad para el tratamiento de efluentes industriales* ..... *224*
*Tabla 172: Producción nacional por tipo de producto - 2005* ..... *225*
*Tabla 173: Variables consideradas para efluentes industriales* ..... *226*
*Tabla 174: Factores de emisión usados para efluentes industriales* ..... *226*
*Tabla 175: Otros factores de emisión usados para efluentes industriales* ..... *227*
*Tabla 176: Nivel de actividad para el tratamiento de aguas residuales domésticas* .. ***¡Error! Marcador no definido.***
*Tabla 177: Población urbana según regiones* ..... *231*
*Tabla 178: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)* ..... *232*
*Tabla 179: Otros factores de emisión usados para aguas residuales domésticas* ..... *232*
*Tabla 180: Nivel de actividad requerido para excretas humanas* ..... *233*
*Tabla 181: Variable considerada para excretas humanas* ..... *233*
*Tabla 182: Otros factores de emisión usados para excretas humanas* ..... *233*
*Tabla 183: Libro de trabajo - sub-sector Transporte* ..... *237*
*Tabla 184: Libro de trabajo – PIUP* ..... *241*
*Tabla 185: Libro de trabajo – Agricultura* ..... *245*
*Tabla 186: Libro de trabajo del sector USCUSS* ..... *249*
*Tabla 187: Libro de trabajo de Desechos* ..... *250*
*Tabla 188: Emisiones GEI en el sector Energía – INGEI 2005* ..... *257*
*Tabla 189: Emisiones GEI informativas en el sector Energía – INGEI 2005* ..... *260*
*Tabla 190: Emisiones GEI en la categoría de Transporte* ..... *260*
*Tabla 191: Emisiones GEI 2005 por fuente, Procesos Industriales* ..... *263*
*Tabla 187: Emisiones nacionales de GEI del sector agricultura* ..... *266*
*Tabla 190: Emisiones totales por GEI y por subsector para el inventario 2012* ..... *268*
*Tabla 189: Emisiones nacionales de GEI del sector Desechos* ..... *272*
*Tabla 190: Personal principal responsable de las actividades de CC* ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
*Tabla 194: Análisis de categorías principales* ..... *282*

## ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| ANA | Autoridad Nacional del Agua |
| APN | Autoridad Portuaria Nacional |
| ARAPER | Asociación de Representantes Automotrices del Perú. |
| BCRP | Banco Central de Reserva del Perú |
| BNE | Balance Nacional de Energía |
| BNEU | Balance Nacional de Energía Útil |
| BUR | *Biennial Update Reports* (Reporte Bienal de Actualización) |
| CENAGRO | Censo Nacional Agropecuario |
| $CH_4$ | Metano |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático |
| COES-SINAC | Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional |
| $CO_2$ | Dióxido de carbono |
| $CO_2e$ | Dióxido de carbono equivalente |
| D2 | Diésel 2 |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DEA | Dirección de Estadística Agraria |
| DERN | Dirección de Evaluación de los Recursos Naturales |
| DGAC | Dirección General de Aviación Civil |
| DGCF | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles |
| DGTT | Dirección General de Transporte Terrestre |
| DGTA | Dirección General de Transporte Acuático |
| DGEE | Dirección General de Eficiencia Energética |
| DGE | Dirección General de Electricidad |
| DGH | Dirección General de Hidrocarburos |
| DGM | Dirección General de Minería |
| DIGESA | Dirección General de Salud Ambiental |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno |
| FAO | *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) |
| FE | Factor de Emisión |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| GPC | Generación per cápita |
| GL1996 | Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada de 1996 |

| | |
|---|---|
| GL2006 | Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero |
| GLP | Gas Licuado de Petróleo |
| GNV | Gas Natural Vehicular |
| INEI | Instituto Nacional de Estadísticas e Informática |
| INGEI | Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero |
| IPCC | *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) |
| INF | Inventario Nacional Forestal |
| MINAGRI | Ministerio de Agricultura y Rigego |
| MINAM | Ministerio del Ambiente |
| MINEM | Ministerio de Energía y Minas |
| MSCF | *Millions of standard cubic feet* (Millones de pies cúbicos) |
| MTC | Ministerio de Transportes y Comunicaciones |
| MVCS | Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento |
| NAMA | *Nationally Appropriate Mitigation Actions* (Medidas de Mitigación Apropiadas para cada País) |
| $N_2O$ | Óxido Nitroso |
| OBP2000 | Orientaciones del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del año 2000 |
| OBP2003 | Orientación sobre buenas prácticas del IPCC para Uso de Tierras, Cambio de Uso de suelos y Silvicultura |
| OEFA | El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental |
| OGPP | Oficina General de Planeamiento y Presupuestos. |
| PlanCC | Planificación ante el Cambio Climático |
| PRODUCE | Ministerio de la Producción |
| SA | Sistema Aislado |
| SEIN | Sistema Eléctrico Interconectado Nacional |
| SIGERSOL | Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos |
| SUNASS | Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento |
| SUNARP | Superintendencia Nacional de los Registros Públicos |
| SUNAT | Superintendencia Nacional de Administración Tributaria |
| TJ | Terajoule |
| VCN | Valor Calorífico Neto |
| PBI | Producto Bruto Interno |

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

## 1.1. Alcance

El presente documento reporta los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero con año base 2005 (INGEI 2005).

Los cálculos en los sectores de Energía y Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) fueron desarrollados considerando las Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (GL 2006). Para los sectores: Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS); Agricultura; y Desechos se ha considerado las Directrices del IPCC de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (GL 1996).

Las emisiones en el sector Energía se generan por la quema de combustibles fósiles y por las actividades para la obtención de estos. Una de las principales fuentes de información es el Balance Nacional de Energía 2005, del MINEM, donde se estiman los flujos de energía, en las diferentes actividades económicas del país, incluso en la obtención y transformación de los combustibles primarios y secundarios. Los gases de efecto invernadero (GEI) identificados en este sector son: dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$).

Las emisiones en el sector Energía se generan en fuentes estacionarias y fuentes móviles. Estas últimas, debido a que sus emisiones de GEI son las que reportan mayores aportes en el sector Energía, reciben la denominación especial en el INGEI de: “Categoría de transportes”. Siendo una subdivisión del sector de Energía[1], se divide en seis subcategorías: aéreo, terrestre, ferroviario, marítimo y fluvial, y otro tipo de transporte.

Las emisiones en el sector PIUP se generan por la fabricación de cemento, producción y uso de materiales carbonatados, productos químicos y metales. A la fecha solo se ha considerado las categorías de Procesos Industriales (PI), ya que para las fuentes de las categorías de “Uso de Productos” no se dispone de información (y este es el motivo por el que ningún INGEI previo lo ha considerado). La mayor parte de las fuentes de GEI en este sector generan emisiones de dióxido de carbono ($CO_2$), salvo algunas fuentes de la categoría “Industria Química” que generan óxido nitroso ($N_2O$) por la producción de ácido nítrico.

Las emisiones de GEI en el sector Agricultura se generan por diversas fuentes asociadas con la actividad agrícola y pecuaria y fueron estimadas usando las GL 1996 y las OBP2000.Los GEI identificados en este sector son: metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$) procedentes de diversas fuentes asociadas con la actividad agrícola y pecuaria.

En el sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura [2] se estiman las absorciones/emisiones de seis categorías de uso del suelo: Tierra Forestal (TF), Tierra Agrícola (TA), Praderas (P), Humedales (H), Asentamientos (A) y Otras Tierras (OT); sobre estas categorías se

---

(1) Directrices IPCC de 2006, Volumen 1 – Glosario / pág. 1.5

(2) De acuerdo a la carta Nº 020-15, enviada a MINAM, los resultados de las emisiones de GEI en el sector USCUSS serán presentados el 29 de abril de 2015

puede clasificar toda la superficie nacional de manera sencilla. Cada categoría está dividida a su vez en dos subcategorías, que indican la permanencia o cambio del uso del suelo dentro del periodo analizado. Asimismo, los depósitos de carbono contemplados son: Biomasa Viva (aérea y subterránea), Materia Orgánica Muerta (madera muerta y mantillo) y Materia Orgánica del Suelo. Además se consideraron algunas absorciones y emisiones en los suelos.

Las emisiones en el sector Desechos siguieron los lineamientos de las GL 1996. Las emisiones de GEI en este sector se generan por la descomposición anaerobia de los residuos sólidos y el agua residual. Para el caso de los residuos sólidos se ha considerado solo el origen doméstico, considerando los sitios no gestionados como los lugares más comunes de destino final de los residuos. Para el caso de aguas residuales (tratamiento y eliminación) se ha considerado el origen doméstico e industrial. Además se ha considerado una nueva fuente: Excretas humanas, que generan óxido nitroso. Los GEI identificados en el sector son metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$).

Los sectores y categorías de fuentes consideradas en el INGEI 2005, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Descripción de categorías en los sectores considerados en el INGEI 2005

| Categoría | Fuente | | Descripción |
|---|---|---|---|
| **Sector Energía** | | | |
| **Quema de combustibles**<br><br>Incluye el uso de todos los combustibles fósiles para actividades de generación de energía en todos sus tipos (eléctrica, calórica, cinética, etc.) Esta categoría incluye la mayor variedad de subcategorías de fuentes, puesto que incluye el uso de combustibles fósiles en todos los sectores económicos | Industrias de la energía | | Incluye las emisiones de GEI por la quema de combustible para actividades como: refinación de petróleo, generación de energía eléctrica y obtención de combustibles sólidos (carbón vegetal, briquetas y otros). |
| | Industrias de la manufactura y la construcción | | Incluye las emisiones de GEI generadas por el uso de combustible en la industria como: actividades de obtención de productos diversos como: cemento, cal, bebidas, alimentos para consumo humano, alimentos para animales, etc. |
| | Minería | | Incluye las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en el sector económico minero, tanto en la exploración, explotación, refinación y producción de algunos productos a partir de minerales. |
| | Otras industrias | | Incluye las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en otras industrias manufactureras, diferentes del sector económico minero. |
| | Transporte | | Incluye emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en los diferentes tipos de transporte: aéreo, terrestre, marítimo y fluvial y ferroviario. |
| | Aviación Civil | Aviación nacional | Incluye las emisiones por el tráfico civil a nivel nacional de pasajeros y carga que aterriza y llega en el mismo país. |
| | Transporte Terrestre | Automóviles | Emisiones de automóviles designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de personas y habitualmente con una capacidad de 12 personas o menos. |
| | | Camiones para servicio ligero | Emisiones de vehículos designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de cargas ligeras o que están equipados con características especiales tales como tracción en las cuatro ruedas para operación fuera de |

| Categoría | Fuente | | Descripción |
|---|---|---|---|
| | | | carreteras. El peso bruto del vehículo suele oscilar entre los 3,500 y los 3,900 kg o menos |
| | | Camiones para servicio pesado y autobuses | Emisiones de todos los vehículos designados como tales en el país en que están registrados. Habitualmente, el peso bruto del vehículo oscila entre los 3,500 y los 3,900 kg o más para camiones pesados y los autobuses están calificados para transportar a más de 12 personas |
| | | Motocicletas | Emisiones de todo vehículo motorizado diseñado para viajar con no más de 3 ruedas en contacto con el pavimento y que pese menos de 680 kg. |
| | Transporte Ferroviario | Ferrocarriles | Emisiones de transporte por ferrocarriles tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros. |
| | Transporte Marítimo y fluvial | Navegación marítima y fluvial nacional e internacional | Emisiones de combustibles usados por barcos de todas las banderas que salen y llegan dentro de un mismo país y fuera del país. |
| | Otro tipo de transporte | Todo terreno | Emisiones de quema de otros transportes, excluyendo el transporte por tuberías. |
| | | Transporte por gaseoductos | Emisiones GEI generadas por la quema de combustibles en las bombas que permiten el transporte del petróleo crudo por tuberías. |
| | Público | | Emisiones de GEI por el consumo de combustible en el sector estatal del país, sea en edificios de gobierno, como en actividades de construcción desarrolladas por el Estado (construcción de carreteras, hospitales, puentes, etc.) |
| | Residencial y comercial | | Emisiones generadas por el consumo de combustible en los hogares y en el sector comercio (hoteles, instalaciones comerciales, etc.) |
| | Agricultura | | Emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en el sector agricultura, en actividades como siembra, cosecha, riego y actividades agropecuarias. |
| | Pesca | | Emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles en actividades del sector pesquero, tanto en embarcaciones, como en fuentes estacionarias del sector pesca. |
| **Emisiones fugitivas**<br><br>Estas provienen de la fabricación de combustibles | Combustibles sólidos | | Incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final. |
| | Petróleo y gas natural | | Comprende las emisiones fugitivas provenientes de todas las actividades de petróleo y gas natural. Las fuentes primarias de estas emisiones pueden incluir las fugas de equipos, pérdidas por evaporación, el venteado, la quema y las emisiones accidentales. |
| **Sector Procesos Industriales y Uso de Productos** | | | |
| Industria de metales<br><br>Emisiones de $CO_2$ por el uso de materias primas carbonatadas y una variedad | Producción de cemento | | Emisiones $CO_2$ generadas en la producción de clinker, que es un producto intermedio resultado de la calcinación a altas temperaturas de materiales como carbonato de calcio. |

| Categoría | Fuente | Descripción |
|---|---|---|
| de productos minerales industriales | Producción de cal | Emisiones $CO_2$ generadas durante la producción de la cal. |
| | Producción y uso de piedra caliza y dolomita | Emisiones $CO_2$ generadas en la producción y uso de la piedra caliza y dolomita. |
| | Producción y uso de carbonato de sodio | Emisiones $CO_2$ generadas en la producción y uso de carbonato de sodio. |
| Industria química<br><br>Emisiones de GEI generadas por la producción de productos químicos orgánicos e inorgánicos. | Producción de amoníaco | Emisiones $CO_2$ durante la producción de amoníaco. |
| | Producción de carburo de calcio | Emisiones $CO_2$ durante la producción de carburo de calcio. |
| Industria de los metales<br><br>Emisiones de GEI generadas por la producción de metales, como: hierro y acero, ferroaleaciones, aluminio, magnesio, plomo y cinc. | Producción de acero y hierro | Emisiones $CO_2$ durante la producción de acero y hierro. |
| | Producción de aluminio | Emisiones $CO_2$ durante la producción de aluminio. |
| | Producción de plomo | Emisiones $CO_2$ durante la producción de plomo. |
| | Producción de cinc | Emisiones $CO_2$ durante la producción de cinc. |
| **Sector Agricultura** | | |
| Fermentación entérica | | Emisiones de metano procedentes de los herbívoros. Es una consecuencia del proceso digestivo durante el cual los hidratos de carbono se descomponen por la acción de microorganismos, en moléculas simples que se absorben en el torrente sanguíneo. |
| Manejo de estiércol | | Emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas. |
| Cultivos de arroz | | Emisiones de metano generadas por la descomposición de la materia orgánica en arrozales anegados. |
| Quema de sabanas | | Emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la quema prescrita de sabanas. |
| Quema de residuos agrícolas | | Emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la práctica agrícola de quema de residuos agrícolas |
| Suelos Agrícolas | | Emisiones de óxido nitroso procedente de los sistemas agrícolas que incluyen: a) emisiones directas de óxido nitroso procedentes de los suelos agrícolas; b) emisiones directas de óxido nitroso procedentes de los suelos dedicados a la producción animal y c) emisiones indirectas de óxido nitroso del nitrógeno utilizado en la agricultura. |
| **Sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura** | | |

| Categoría | Fuente | Descripción |
|---|---|---|
| Tierras Forestales | Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales | Toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales definidos para bosque, y que ha permanecido como tal por lo menos los últimos 20 años. Se analizó las emisiones por pérdida de biomasa viva debido a extracción de madera, leña e incendios. |
| | Tierras que se convierten en Tierras Forestales | Tierras gestionadas que son convertidas en tierras forestales, en coherencia con la definición de bosque, mediante forestación y reforestación, y métodos de regeneración natural o artificial.<br>Se estimaron las absorciones por crecimiento de la biomasa viva, y las emisiones de pérdida de biomasa por incendios. |
| Tierras Agrícolas | Tierras Agrícolas que permanecen como Tierras Agrícolas | Incluyen los cultivos anuales y perennes, así como las tierras de barbecho. Se estimaron las emisiones por crecimiento/eliminación de cultivos perennes. |
| | Tierras convertidas a Tierras Agrícolas | Tierras deforestadas para instalación de cultivos. Incluye las pérdidas de biomasa inicial y pérdidas incendios. |
| Praderas | Tierras convertidas a Praderas | Tierras deforestadas para instalación de cultivos. Incluye las pérdidas de biomasa inicial y pérdidas por incendios. |
| **Sector Desechos** | | |
| Eliminación de desechos sólidos | | El metano es producido por la descomposición anaeróbica microbiana de materia orgánica en sitios de eliminación de desechos sólidos. |
| Tratamiento y eliminación de aguas residuales<br><br>Se produce el metano por la descomposición anaeróbica bacterial de materia orgánica en instalaciones de aguas servidas y del procesamiento de alimentos y otras instalaciones industriales durante el tratamiento de las aguas residuales. | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | Incluye el tratamiento y eliminación de desechos líquidos y lodo de fuentes domésticas y comerciales (incluyendo desechos humanos, mediante: recolección de sistemas de aguas residuales servidas y sistemas de tratamiento, pozos abiertos/ letrinas, lagunas anaeróbicas, reactores anaeróbico y eliminación en aguas superficiales). |
| | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | Incluye el tratamiento y eliminación de desechos líquidos y lodo de procesos industriales tales como: procesamiento de alimentos, textiles o producción de pulpa y papel. Incluye las lagunas anaeróbicas, los reactores anaeróbicos y la eliminación en aguas superficiales. |
| | Óxido nitroso de excretas humanas | Las excretas humanas son fuente de generación de óxido nitroso, como parte del ciclo de nitrógeno en el ambiente. Una fuente aportante en la generación de N2O es la ingesta de proteínas: parte del nitrógeno es absorbido por el cuerpo y el resto es desechado por la orina y las heces. |

Fuente: Elaboración propia

## 1.2. Resultados INGEI 2005

Las emisiones netas (emisiones y remociones) de gases de efecto invernadero, para el año 2005 (INGEI 2005), se reportaron en: **184,911 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente ($GgCO_2e$)**. Las mayores emisiones de GEI fueron reportadas en el sector "Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura", con 121,035 $GgCO_2e$[3], que representa el 65.46% del INGEI 2005. El segundo sector con mayores emisiones de GEI reportadas fue Energía, con 30,104 $GgCO_2e$, que representan el 16.28% del INGEI 2005. Agricultura es el tercer sector con emisiones más altas reportadas, con 24,577 $GgCO_2e$, que representan el 13.29%. Estos tres sectores representan el 95.03% del total de las emisiones de GEI en el Perú, para el año 2005.

En la siguiente tabla se resume las emisiones de GEI en cada sector, categorías y subcategorías de fuente [4] (dióxido de carbono en Gigagramos o miles de toneladas, metano y óxido nitroso en Megagramos o toneladas)

[3] USCUSS es el único sector que reporta remociones de GEI, por tanto los 120,031.83 $GgCO_2e$ se refieren a las emisiones netas, es decir las emisiones menos las remociones.

[4] Cierre del cálculo: 6 de septiembre de 2015.

Tabla 2: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2005

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2005** | | | | | | **145,556.23** | **1,220,605.72** | **44,263.44** | **184,910.61** |
| **1** | | | | | **Energía** | **26,212.30** | **175,729.04** | **649.59** | **30,103.98** |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | **26,035.44** | **3,219.71** | **649.58** | **26,304.42** |
| | | **1A1** | | | **Industrias de energía** | **3,425.02** | **194.74** | **25.63** | **3,437.05** |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad como actividad principal | 2,823.98 | 59.58 | 7.60 | 2,827.59 |
| | | | | 1A1a*i* [*1] | Generación de electricidad en el SEIN | 2,718.93 | 55.30 | 6.74 | 2,722.18 |
| | | | | 1A1a*ii* [*2] | Generación de electricidad en el SA | 105.05 | 4.28 | 0.86 | 105.41 |
| | | | 1A1b | | Refinerías de petróleo | 137.00 | 2.58 | 0.28 | 137.14 |
| | | | 1A1c | | Producción de combustibles y otras industrias de energía | 464.04 | 132.58 | 17.75 | 472.32 |
| | | **1A2** | | | Industrias de manufactura y construcción | **7,607.36** | **424.77** | **71.92** | **7,638.57** |
| | | | 1A2a [*3] | | Minería y cantería | 1,951.86 | 99.22 | 17.78 | 1,959.46 |
| | | | 1A2b [*4] | | Otras industrias de manufactura y construcción | 5,655.50 | 325.55 | 54.13 | 5,679.11 |
| | | **1A3** | | | Transporte | **11,675.39** | **2,209.11** | **532.81** | **11,886.95** |
| | | | 1A3a | | Aviación | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | | 1A3a*i* | Aviación internacional | | | | |
| | | | | 1A3a*ii* | Aviación nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | 1A3b | | Terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.41 | 0.09 | 9.87 |
| | | **1A4** | | | **Otros sectores** | **3,327.67** | **391.10** | **19.23** | **3,341.84** |
| | | | 1A4a | | Público [*5] | 621.78 | 87.76 | 5.26 | 625.25 |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial [*6] | 1,642.82 | 165.88 | 5.49 | 1,648.00 |

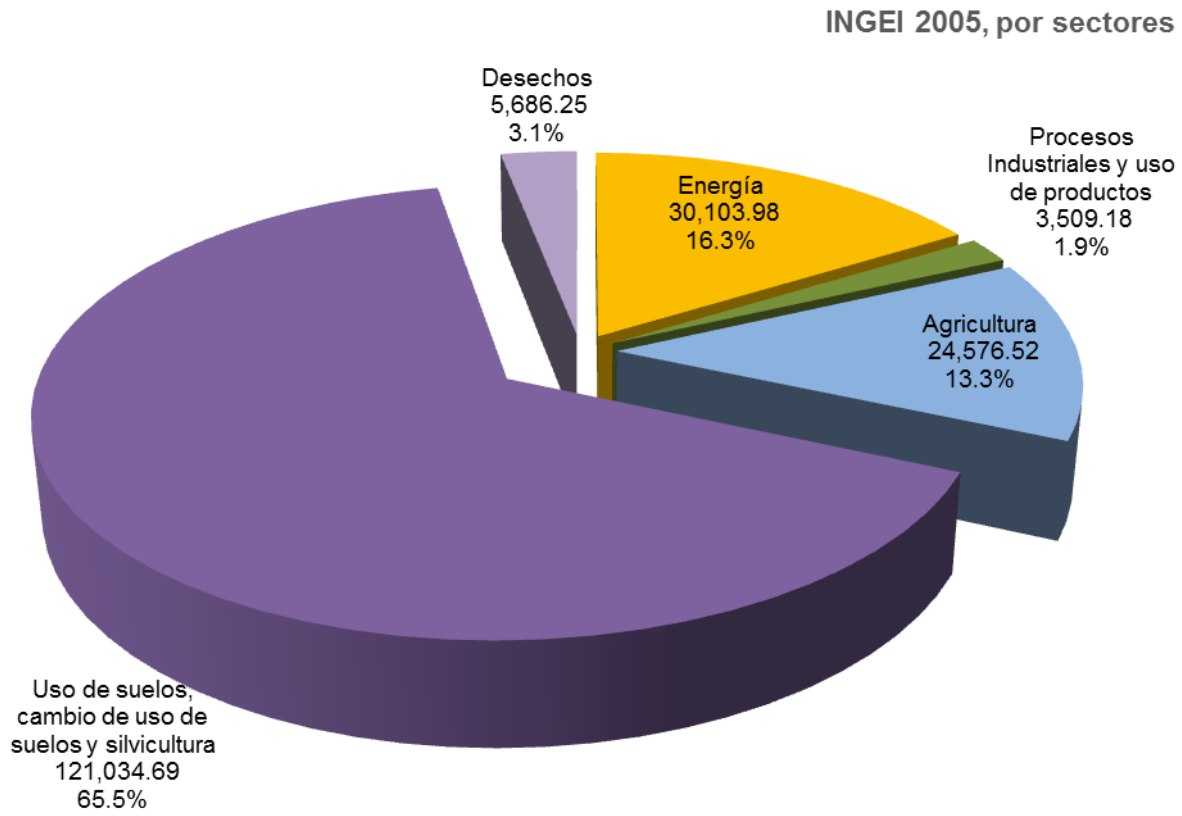
| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1A4c | | Agricultura [*7] | 105.24 | 9.23 | 0.87 | 105.71 |
| | | | 1A4d | | Pesquería [*8] | 957.84 | 128.23 | 7.61 | 962.89 |
| | 1B | | | | **Emisiones fugitivas de combustibles** | **176.86** | **172,509.33** | **0.00** | **3,799.56** |
| | | **1B1** | | | **Combustibles sólidos** | **2.15** | **786.51** | | **18.67** |
| | | **1B2** | | | **Petróleo y gas natural** | **174.71** | **171,722.82** | **0.00** | **3,780.89** |
| **2** | | | | | **Procesos Industriales y uso de productos** | **3,509.18** | - | - | **3,509.18** |
| | **2A** | | | | **Productos minerales** | **2,642.27** | | | **2,642.27** |
| | | 2A1 | | | Producción de cemento | 2,365.48 | | | 2,365.48 |
| | | 2A2 | | | Producción de cal | 101.31 | | | 101.31 |
| | | 2A4 | | | Otros usos de carbonatos | 175.48 | | | 175.48 |
| | | | 2A4a | | Cerámicas (ladrillos) | 159.87 | | | 159.87 |
| | | | 2A4b | | Otros usos de ceniza de sosa | 15.61 | | | 15.61 |
| | **2B** | | | | **Industria química** | **4.77** | | | **4.77** |
| | | 2B1 | | | Producción de amoniaco | 1.04 | | | 1.04 |
| | | 2B2 | | | Producción de ácido nítrico | - | | | - |
| | | 2B3 | | | Producción de ácido adípico | - | | | - |
| | | 2B4 | | | Producción de carburo de calcio | 3.73 | | | 3.73 |
| | **2C** | | | | **Producción de metal** | **862.13** | | | **862.13** |
| | | 2C1 | | | Producción de hierro y acero | 692.19 | | | 692.19 |
| | | 2C2 | | | Producción de ferroaleaciones | - | | | - |
| | | 2C3 | | | Producción de aluminio | 3.88 | | | 3.88 |
| | | 2C5 | | | Producción de Plomo | 166.07 | | | 166.07 |
| | | 2C6 | | | Producción de Cinc | - | | | - |
| **4** | | | | | **Agricultura** | **-** | **589,576.61** | **39,340.03** | **24,576.52** |
| | 4A | | | | Fermentación entérica | | 499,838.45 | - | 10,496.61 |
| | 4B | | | | Manejo del estiércol | | 13,906.79 | 2,642.20 | 1,111.13 |
| | 4C | | | | Cultivos de arroz | | 50,461.50 | - | 1,059.69 |

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4D | | | | Suelos agrícolas | | - | 36,287.30 | 11,249.06 |
| | 4E | | | | Quema de sabanas (pastos) | | 17,476.61 | 216.27 | 434.05 |
| | 4F | | | | Quema de residuos agrícolas | | 7,893.26 | 194.25 | 225.98 |
| **5** | | | | | **Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura** | **115,834.75** | **209,768.80** | **2,563.84** | **121,034.69** |
| | 5A | | | | Cambios en biomasa y otros stocks leñosos | 51,919.78 | - | - | 51,919.78 |
| | | 5A1* | | | Pérdidas (tala, leña e incendios - bosques primarios) | 54,502.58 | - | - | 54,502.58 |
| | | 5A2* | | | Incremento de biomasa | - 2,498.87 | - | - | - 2,498.87 |
| | | 5A3* | | | Cultivos Perennes | - 83.93 | - | - | - 83.93 |
| | 5B | | | | Conversión de Bosques y Praderas | 75,911.12 | - | - | 75,911.12 |
| | | 5B1* | | | Tierra Forestal a Tierras Agrícolas | 74,401.20 | - | - | 74,401.20 |
| | | 5B2* | | | Tierra Forestal a Praderas | 1,276.65 | - | - | 1,276.65 |
| | | 5B3* | | | Tierra Forestal a Asentamientos | 24.56 | - | - | 24.56 |
| | | 5B4* | | | Tierra Forestal a otros | 208.71 | - | - | 208.71 |
| | 5C | | | | Abandono de tierras cultivadas | - 12,342.55 | - | - | - 12,342.55 |
| | 5D | | | | Emisiones y absorciones en el suelo | 346.40 | - | - | 346.40 |
| | 5E | | | | Otros (gases no CO2) | - | 209,768.80 | 2,563.84 | 5,199.94 |
| 6 | | | | | **Desechos** | **-** | **245,531.27** | **1,709.98** | **5,686.25** |
| | 6A | | | | Disposición de residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | | 6A1 | | | Residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | 6B | | | | Tratamiento de aguas residuales | | 44,103.34 | 1,709.98 | 1,456.26 |
| | | 6B1 | | | Efluentes industriales | | 12,718.34 | | 267.09 |
| | | 6B2 | | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | 1,709.98 | 1,189.18 |
| | | | 6B2a | | Aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | | 659.09 |
| | | | 6B2b | | Excretas humanas | | | 1,709.98 | 530.09 |

Fuente: Elaboración propia

La participación en el INGEI 2005 de cada uno de los sectores IPCC se representa en el siguiente gráfico:

Gráfica 1: Emisiones de GEI por sectores – INGEI 2005




El detalle de las emisiones de GEI, para cada uno de los sectores se describe en los siguientes párrafos.

### 1.2.1. Energía

El sector Energía, para el año 2005, reportó 30,103.98 $GgCO_2e$ para el año 2005. Este sector - con un 16.28% del total - es el segundo con mayores emisiones de GEI reportadas en el INGEI 2005. Es importante resaltar que para fines del reporte, las fuentes en el sector se han agrupado en: fuentes estacionarias y fuentes móviles (denominada como: categoría transporte, que demás incluye la energía consumida para el transporte de combustibles). En la siguiente tabla se presentan las emisiones totales de GEI para el sector de Energía (incluyendo transporte).

Tabla 3: Emisiones GEI 2005 por fuente, Energía

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | | | | | **Energía** | **26,212.30** | **175,729.04** | **649.59** | **30,103.98** |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | **26,035.44** | **3,219.71** | **649.58** | **26,304.42** |
| | | **1A1** | | | **Industrias de energía** | **3,425.02** | **194.74** | **25.63** | **3,437.05** |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad como actividad principal | 2,823.98 | 59.58 | 7.60 | 2,827.59 |
| | | | | 1A1a*i* [*1] | Generación de electricidad en el SEIN | 2,718.93 | 55.30 | 6.74 | 2,722.18 |
| | | | | 1A1a*ii* [*2] | Generación de electricidad en el SA | 105.05 | 4.28 | 0.86 | 105.41 |
| | | | 1A1b | | Refinerías de petróleo | 137.00 | 2.58 | 0.28 | 137.14 |
| | | | 1A1c | | Producción de combustibles y otras industrias de energía | 464.04 | 132.58 | 17.75 | 472.32 |
| | | **1A2** | | | Industrias de manufactura y construcción | **7,607.36** | **424.77** | **71.92** | **7,638.57** |
| | | | 1A2a [*3] | | Minería y cantería | 1,951.86 | 99.22 | 17.78 | 1,959.46 |
| | | | 1A2b [*4] | | Otras industrias de manufactura y construcción | 5,655.50 | 325.55 | 54.13 | 5,679.11 |
| | | **1A3** | | | Transporte | **11,675.39** | **2,209.11** | **532.81** | **11,886.95** |
| | | | 1A3a | | Aviación | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | | 1A3a*i* | Aviación internacional | | | | |
| | | | | 1A3a*ii* | Aviación nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | 1A3b | | Terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.41 | 0.09 | 9.87 |
| | | **1A4** | | | **Otros sectores** | **3,327.67** | **391.10** | **19.23** | **3,341.84** |
| | | | 1A4a | | Público [*5] | 621.78 | 87.76 | 5.26 | 625.25 |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial [*6] | 1,642.82 | 165.88 | 5.49 | 1,648.00 |
| | | | 1A4c | | Agricultura [*7] | 105.24 | 9.23 | 0.87 | 105.71 |
| | | | 1A4d | | Pesquería [*8] | 957.84 | 128.23 | 7.61 | 962.89 |
| | 1B | | | | **Emisiones fugitivas de combustibles** | **176.86** | **172,509.33** | **0.00** | **3,799.56** |
| | | **1B1** | | | **Combustibles sólidos** | **2.15** | **786.51** | | **18.67** |
| | | **1B2** | | | **Petróleo y gas natural** | **174.71** | **171,722.82** | **0.00** | **3,780.89** |

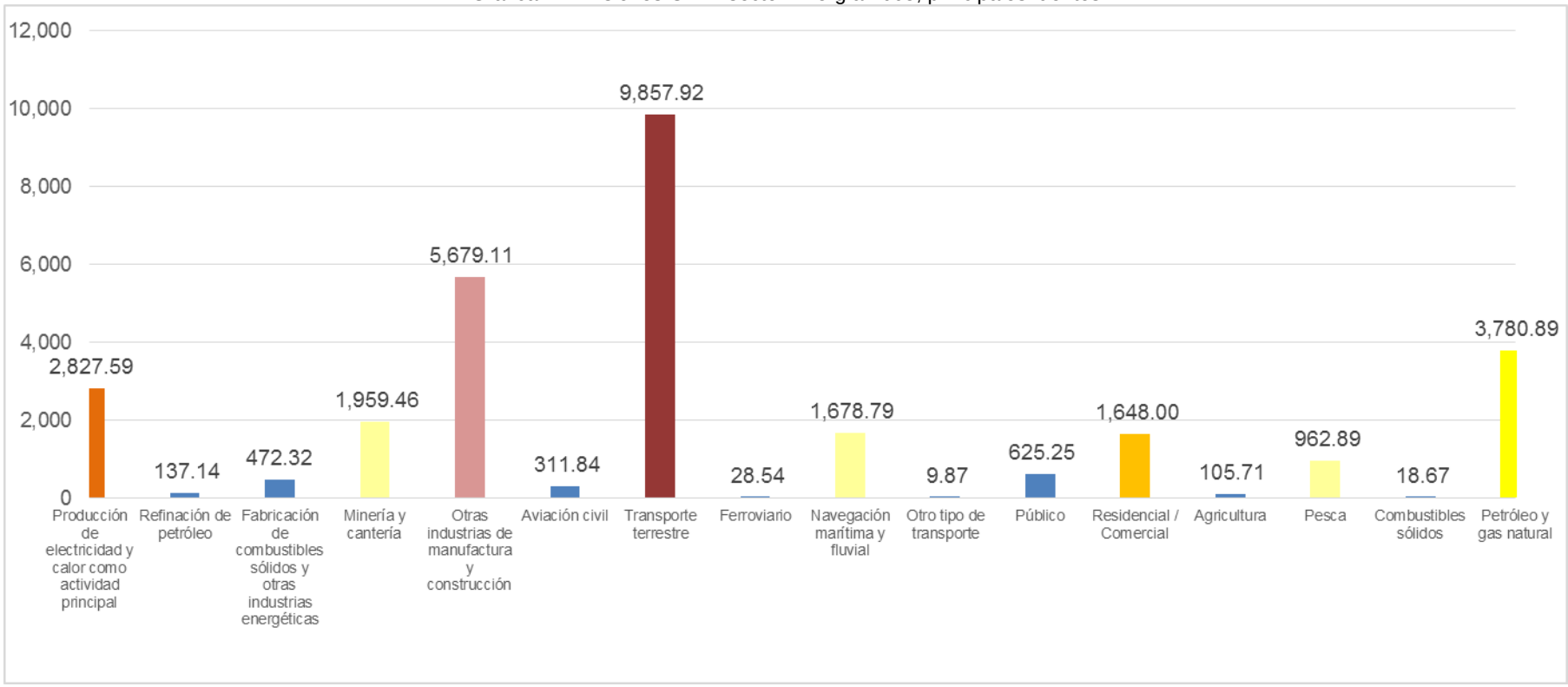
Notas y aclaraciones:

| | |
|---|---|
| *1 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *2 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Aislado (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *3 | Se considera que "Minería y cantería", con los códigos CIIU 13 y 14 (Extracción de minerales metalíferos y Explotación de otras minas y canteras), es la misma actividad reportada por el sector minero peruano del Perú |
| *4 | Se considera el consumo de combustibles de todas las otras industrias, a excepción del sector minero peruano. |
| *5 | La categoría GL2006 dice: "Comercial / institucional", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Público" (Institucional) |
| *6 | La categoría GL2006 dice: "Residencial", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Residencial / Comercial" |
| *7 | La categoría GL2006 dice para 1A4c: "Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías"; sin embargo -debido a la importancia del sector en el Perú- se ha considerado sólo como Agricultura, que en las estadísticas nacionales figura como "Agropecuario y agroindustrial" |
| *8 | Esta categoría no figura en las GL2006, fue creada considerando la importancia del sector Pesca para el Perú. Considerando la clasificación de las GL2006 esta categoría INGEI pertenecería a 1A4c. |

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se aprecia el aporte de las principales fuentes de emisión de GEI en el sector energía, para el año 2005.

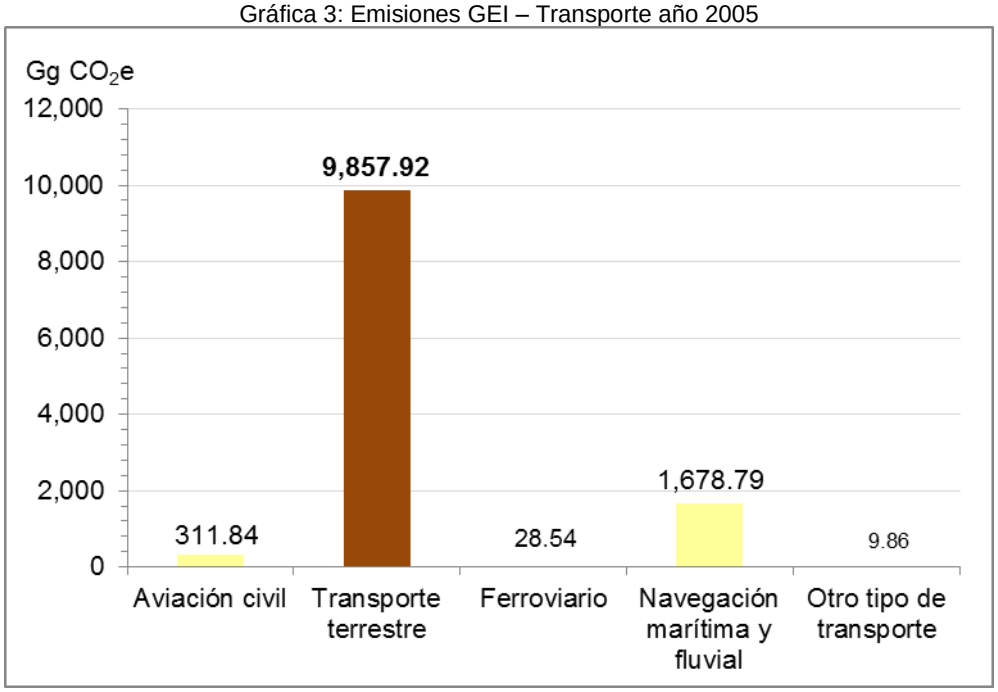
Gráfica 2: Emisiones GEI – sector Energía 2005, principales fuentes




Fuente: Elaboración propia

Considerando los resultados de la “categoría Transportes” (11,886.95 $GgCO_2e$ reportados), la mayor emisión de GEI se presentó en “Transporte terrestre”, con 9,857.92 $GgCO_2e$, que representan el 82.93% en la “categoría Transportes” y el 32.75% en el sector Energía. Las emisiones de GEI en la “categoría Transportes” se muestran en la siguiente gráfica (“Otro tipo de transporte” incluye la energía consumida para el transporte de combustibles y los vehículos “todo terreno”)

Gráfica 3: Emisiones GEI – Transporte año 2005




Fuente: Elaboración propia

En el sector Energía, aún no se cuenta con información nacional de un valor calórico neto (VCN) para los combustibles, los valores publicados son tomados de las GL2006. Tampoco se cuenta con información de aviación internacional (consumo de combustible de aeronaves con destino internacional y abastecidos en Perú) y navegación lacustre (consumo de combustible de navíos en lagos del Perú).

### 1.2.2. Procesos Industriales y uso de productos

Los resultados para el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), para el año 2005, fueron 3,509.18 $GgCO_2e$[5], reportando las mayores emisiones de GEI en las fuentes: producción de cemento (2,365.48 $GgCO_2e$, el 67.4% en PIUP), la producción de hierro y acero (692.19$GgCO_2e$, el 19.72% de PIUP) y la producción de ladrillos (159.87 $GgCO_2e$, el 4.56% de PIUP). Las tres principales fuentes representan el 91.69% del total reportado en PIUP. Las emisiones de GEI se presentan en la siguiente tabla:

(5) Al cierre del cálculo (28 de agosto 2015), no se recibió información útil solicitada al INEI sobre: producción de amoniaco y carburo de calcio, por lo que estos datos de actividad son solo proyectados desde el año 2000. Tampoco se tiene información sobre el uso de productos (solicitado al INEI). Con esta información, las emisiones reportadas para PIUP podrían variar.

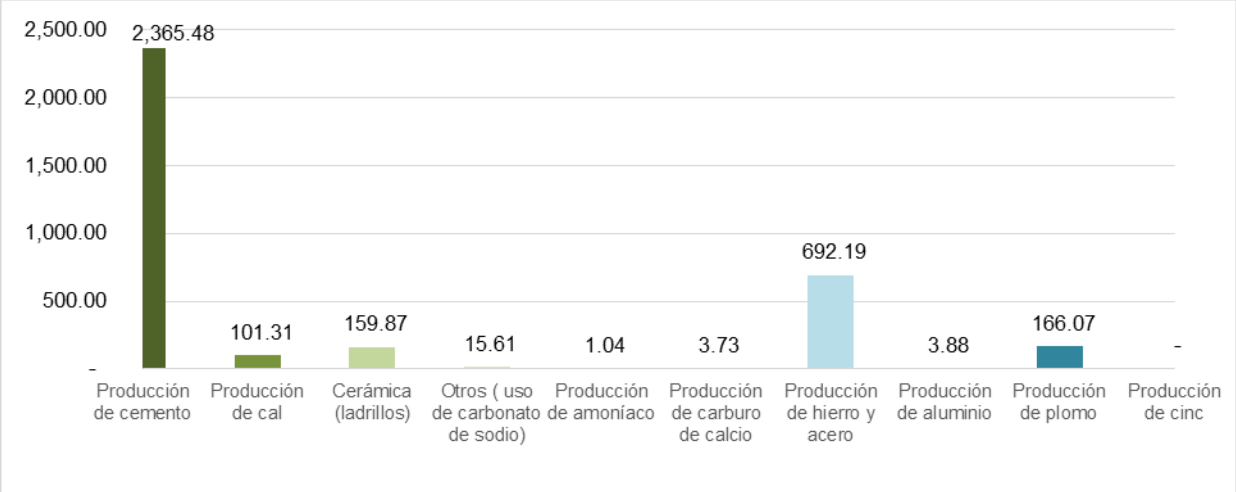
Tabla 4: Emisiones GEI 2012 por fuente, Procesos Industriales

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | | | | | **Procesos Industriales y uso de productos** | **3,509.18** | - | - | **3,509.18** |
| | **2A** | | | | **Productos minerales** | **2,642.27** | | | **2,642.27** |
| | | 2A1 | | | Producción de cemento | 2,365.48 | | | 2,365.48 |
| | | 2A2 | | | Producción de cal | 101.31 | | | 101.31 |
| | | 2A4 | | | Otros usos de carbonatos | 175.48 | | | 175.48 |
| | | | 2A4a | | Cerámicas (ladrillos) | 159.87 | | | 159.87 |
| | | | 2A4b | | Otros usos de ceniza de sosa | 15.61 | | | 15.61 |
| | **2B** | | | | **Industria química** | **4.77** | | | **4.77** |
| | | 2B1 | | | Producción de amoniaco | 1.04 | | | 1.04 |
| | | 2B2 | | | Producción de ácido nítrico | - | | | - |
| | | 2B3 | | | Producción de ácido adípico | - | | | - |
| | | 2B4 | | | Producción de carburo de calcio | 3.73 | | | 3.73 |
| | **2C** | | | | **Producción de metal** | **862.13** | | | **862.13** |
| | | 2C1 | | | Producción de hierro y acero | 692.19 | | | 692.19 |
| | | 2C2 | | | Producción de ferroaleaciones | - | | | - |
| | | 2C3 | | | Producción de aluminio | 3.88 | | | 3.88 |
| | | 2C5 | | | Producción de Plomo | 166.07 | | | 166.07 |
| | | 2C6 | | | Producción de Cinc | - | | | - |

Fuente: Elaboración propia

La distribución de las emisiones de GEI por cada una de las fuentes de emisión del sector Procesos Industriales se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Gráfico 4: Emisiones GEI – sector PIUP 2005




Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que pese a que el sector se denomina “Procesos industriales y uso de productos”, las categorías de “uso de productos” no se han estimado aún por falta de información de consumos de productos, como: hexafluoruro de azufre ($SF_6$), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), solventes y aerosoles. Para el año 2005, tampoco se tiene información oficial de la producción de amoniaco, carburo de calcio, y ceniza de sosa, por lo que las estimaciones del nivel de actividad se realizaron por proyecciones a partir del año 2000.

### 1.2.3. Agricultura

Los resultados para el sector Agricultura, en el año 2005, fueron 24,576.52 $GgCO_2e$, reportándose como mayores fuentes de emisión: Suelos agrícolas (11,249.06 $GgCO_2e$, que representa el 45.77%), Fermentación entérica (10,496.61 GgCO2e, que representa en 42.71%), Manejo de estiércol (1,111.13 GgCO2e, que representa en 4.52%) y los Cultivos de arroz (1,059.69, que representa en 4.31%). Las fuentes representan el 97.31% del total de emisiones de GEI en el sector.

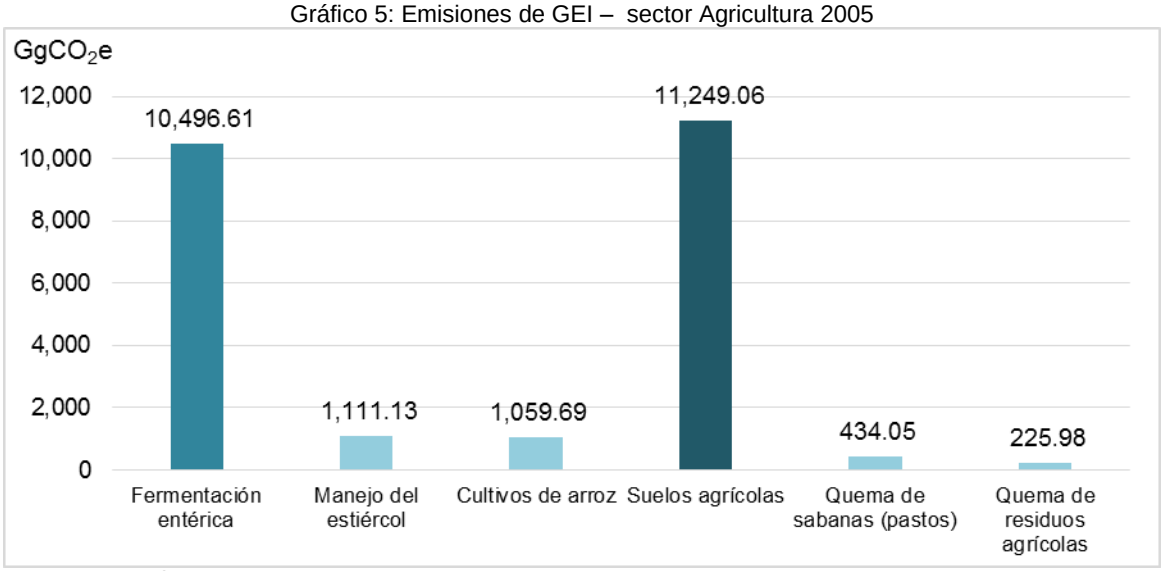
Tabla 5: Emisiones de GEI 2005 por fuente – Agricultura

| Código de categorías de fuentes 1996 | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$GgCH_4$] | Óxido nitroso [$GgN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | | **Agricultura** | **-** | **589,576.61** | **39,340.03** | **24,576.52** |
| | 4A | Fermentación entérica | | 499.84 | | 10,496.61 |
| | 4B | Manejo de estiércol | | 13.91 | 2.64 | 1,111.13 |
| | 4C | Cultivos de arroz | | 50.46 | | 1,059.69 |
| | 4D | Suelos Agrícolas | | | 36.29 | 11,249.06 |
| | 4E | Quema de sabanas | | 17,476.61 | 216.27 | 434.05 |
| | 4F | Quema de residuos agrícolas | | 7.89 | 0.19 | 225.98 |

Fuente: Elaboración propia

La distribución de las emisiones de GEI por cada una de las fuentes de emisión del sector agricultura se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Gráfico 5: Emisiones de GEI – sector Agricultura 2005




Fuente: Elaboración propia

Para el sector Agricultura, no se cuenta con información de pesos específicos de ganado por especie, y caracterización de los sistemas de riego para arroz; por lo que -para estos casos- se consideraron valores por defecto y dictamen de expertos para estimar las emisiones de GEI.

### 1.2.4. Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura

El sector de Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura (USCUSS), reportó para el año 2005: 121,034.69$GgCO_2e$, presentándose las mayores emisiones en la fuente “Tierra forestal a tierra agrícola”, que es el cambio de bosque primario (bosques sin intervención del hombre) a tierras agrícolas (74,041.20 $GgCO_2e$, que representa el 61.5% del sector). La segunda fuente con mayores emisiones reportadas es “Pérdidas (tala, leña e incendios en bosques primarios)”, con 54,502.58 $GgCO_2e$ (45.03% del sector). Es importante mencionar que el sector USCUSS es el único que reporta remociones de carbono, con un total de -14,925.35 $GgCO_2e$ (12,342.55 $GgCO_2e$ capturados por abandono de tierras cultivadas en bosques secundarios y 2,582.8 $GgCO_2e$ por incremento de biomasa en plantaciones forestales) los cuales están representados en la siguiente tabla con signo negativo.

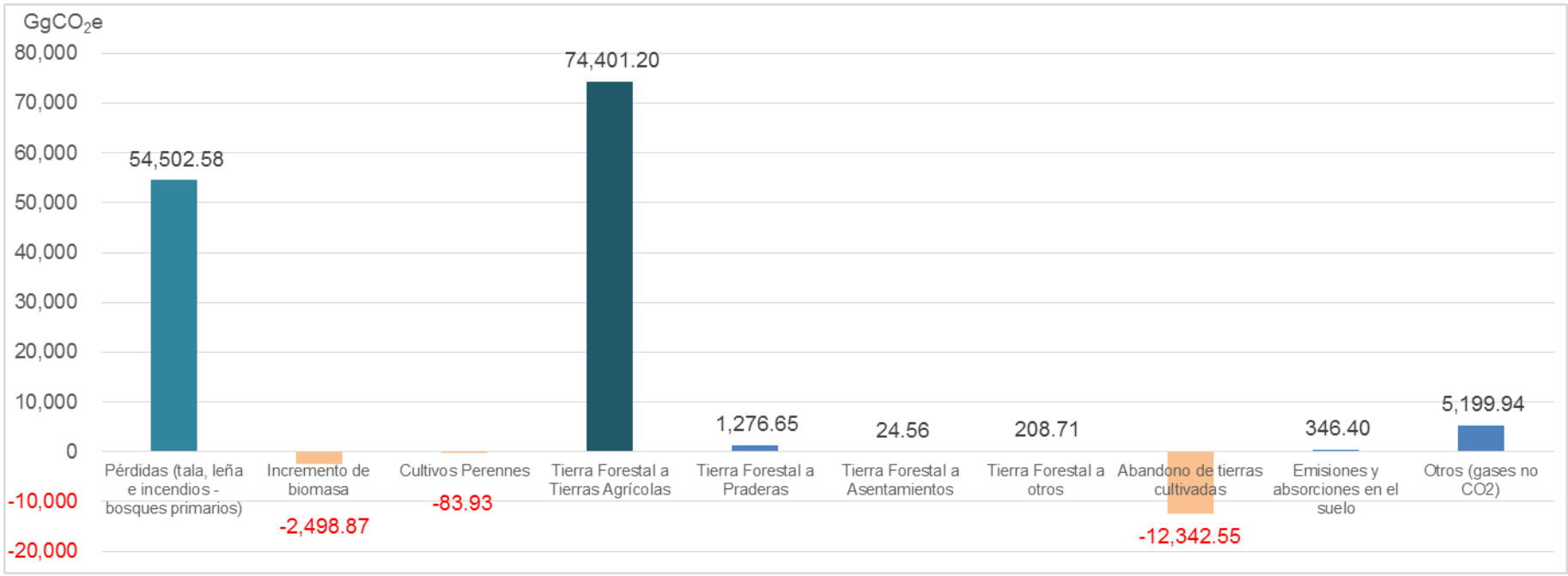
Tabla 6: Emisiones GEI 2012 por fuente – USCUSS

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | | | | | **Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura** | **115,834.75** | **209,768.80** | **2,563.84** | **121,034.69** |
| | 5A | | | | Cambios en biomasa y otros stocks leñosos | 51,919.78 | - | - | 51,919.78 |
| | | 5A1* | | | Pérdidas (tala, leña e incendios - bosques primarios) | 54,502.58 | - | - | 54,502.58 |
| | | 5A2* | | | Incremento de biomasa | - 2,498.87 | - | - | - 2,498.87 |
| | | 5A3* | | | Cultivos Perennes | - 83.93 | - | - | - 83.93 |
| | 5B | | | | Conversión de Bosques y Praderas | 75,911.12 | - | - | 75,911.12 |
| | | 5B1* | | | Tierra Forestal a Tierras Agrícolas | 74,401.20 | - | - | 74,401.20 |
| | | 5B2* | | | Tierra Forestal a Praderas | 1,276.65 | - | - | 1,276.65 |
| | | 5B3* | | | Tierra Forestal a Asentamientos | 24.56 | - | - | 24.56 |
| | | 5B4* | | | Tierra Forestal a otros | 208.71 | - | - | 208.71 |
| | 5C | | | | Abandono de tierras cultivadas | - 12,342.55 | - | - | - 12,342.55 |
| | 5D | | | | Emisiones y absorciones en el suelo | 346.40 | - | - | 346.40 |
| | 5E | | | | Otros (gases no CO2) | - | 209,768.80 | 2,563.84 | 5,199.94 |

*No son necesariamente iguales a las categorías de la GL2006
Fuente: Elaboración propia

Las emisiones y remociones de GEI, para USCUSS, se muestran en el siguiente gráfico:

Gráfico 6: Emisiones de GEI – sector USCUSS 2005




Fuente: Elaboración propia

Ya que los Cambios de Uso de Suelos se hacen visualmente, se debe tomar como base lo desarrollado por el "Programa Nacional de Conservación de Bosques" en límites y realizar una revisión y mejora de las áreas totales de bosque, no bosque y pérdidas. Se debe generar información (cambio de uso de suelos) para bosques secos y andinos. Además se debe tener información sobre las plantaciones totales anuales y el monitoreo de plantaciones acumuladas consensuadas con lo determinado en el mapa de vegetación (SERFOR debe hacer seguimiento a la información proporcionada por Agrorural). Finalmente, se debe generar información consensuada de pastos y actualizar la información del Mapa de suelos del Perú (los datos tomados son del INRENA – Mapa de suelo del Perú 1996).

### 1.2.5. Desechos

Este sector reportó 5,686.25 $GgCO_2e$, para el año 2005 (3.08% del total nacional). La principal fuente de emisiones de GEI es “Residuos sólidos”, con 4,229.99 $GgCO_2e$ (74.39% del sector) generados por la generación y disposición de los residuos sólidos urbanos (domiciliarios y no domiciliarios). Otra fuente importante es “Aguas residuales domésticas”, con 1189.18 $GgCO_2e$ (20.9% del sector) emitidos como agua residual en el sector residencial.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

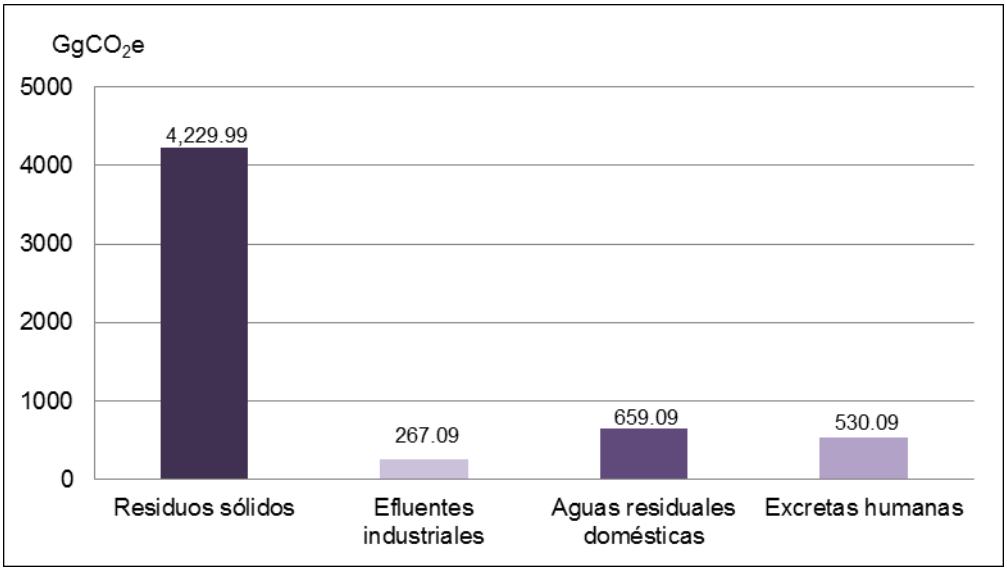
Tabla 7: Emisiones de GEI 2005 por fuente – Desechos

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | | | | **Desechos** | **-** | **245,531.27** | **1,709.98** | **5,686.25** |
| | 6A | | | | Disposición de residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | | 6A1 | | | Residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | 6B | | | | Tratamiento de aguas residuales | | 44,103.34 | 1,709.98 | 1,456.26 |
| | | 6B1 | | | Efluentes industriales | | 12,718.34 | | 267.09 |
| | | 6B2 | | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | 1,709.98 | 1,189.18 |
| | | | 6B2a | | Aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | | 659.09 |
| | | | 6B2b | | Excretas humanas | | | 1,709.98 | 530.09 |

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de GEI en el sector se representan en el siguiente gráfico:

Gráfico 7: Emisiones de GEI – sector Desechos 2005




Fuente: Elaboración propia

Para el sector Desechos no se cuenta con información de caracterización de los residuos sólidos para todos los distritos del Perú, o segmentos de población urbana, con año base 2005. Por ello se han tomado los datos del año base 2010.

Es necesario mejorar la recopilación de información en la categoría: “Tratamiento de aguas residuales” (domésticas y efluentes industriales), específicamente datos de la DBO y DQO -por lo menos de algunas plantas de tratamiento-. Debido a la falta de información, para el cálculo de las emisiones de GEI, en esta categoría, se consideraron valores por defecto de DBO y DQO.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1. Objetivo General

Este documento presenta los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero con año base 2005 (INGEI 2005)

## 2.2. Objetivos Específicos

- Presentar la metodología de trabajo aplicada para la estimación de emisión/remoción de las categorías comprendidas en el INGEI
- Presentar los resultados de la estimación de emisión/remoción de las categorías comprendidas en el INGEI
- Presentar el plan de Garantía y Control de Calidad aplicado en el INGEI
- Presentar el análisis de categorías principales aplicado en el INGEI
- Presentar las principales conclusiones y recomendaciones resultado de la elaboración del INGEI

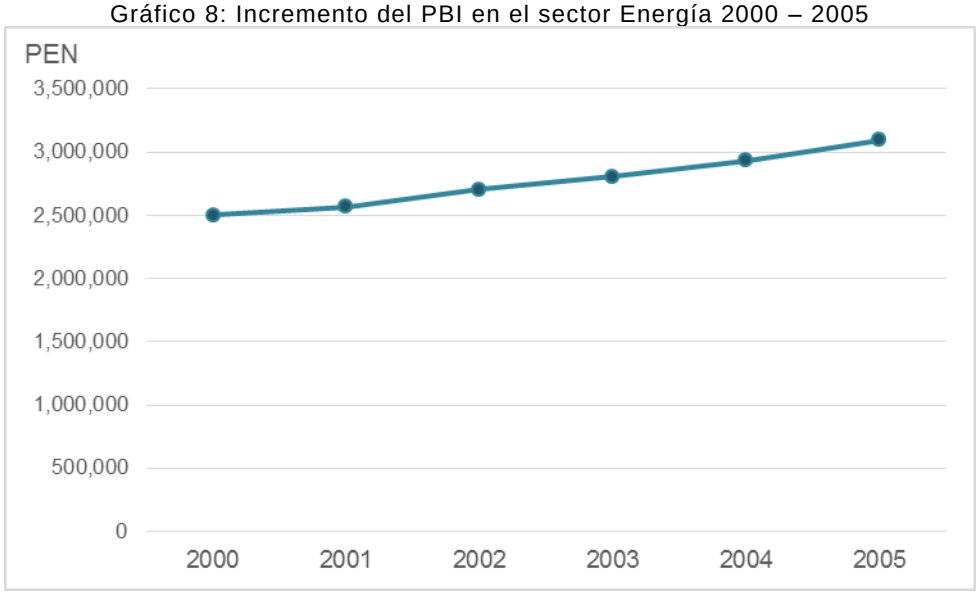
# 3. GENERALIDADES DE LOS SECTORES

## 3.1. Energía (fuentes estacionarias)

Las actividades en el sector Energía (fuentes estacionarias) se vienen presentando en continuo incremento desde el año 2000, relacionadas directamente con el crecimiento económico del país. El crecimiento de las actividades en el sector (fuentes estacionarias) se debe, sobre todo, a la mayor demanda de energía en las diferentes actividades de los sectores económicos del país. Para cubrir esta creciente demanda, la mayor parte de las fuentes de generación han sido las fuentes fósiles, sobre todo diésel y residual (R500, R6 y R5). La explotación en Camisea empezó en agosto 2004, pero la masificación del gas natural empezó en el año 2005 [6], desde entonces el gas natural ha venido desplazando a otros tipos de combustibles[7]. Si bien las actividades de Camisea comenzaron en este año, ya se reportaron importantes cantidades de venteo y quema de gas natural en pozos.

Siendo el Producto Bruto Interno (PBI) la macro magnitud económica que mide el valor añadido generado por el conjunto de productores de un área económica; se puede citar el incremento del PBI para las actividades de energía y agua, como referencia del crecimiento en el sector Energía. Tal como se muestra en la gráfica, el PBI para energía y agua se ha venido incrementando uniformemente entre los años 2000 – 2005.

Gráfico 8: Incremento del PBI en el sector Energía 2000 – 2005



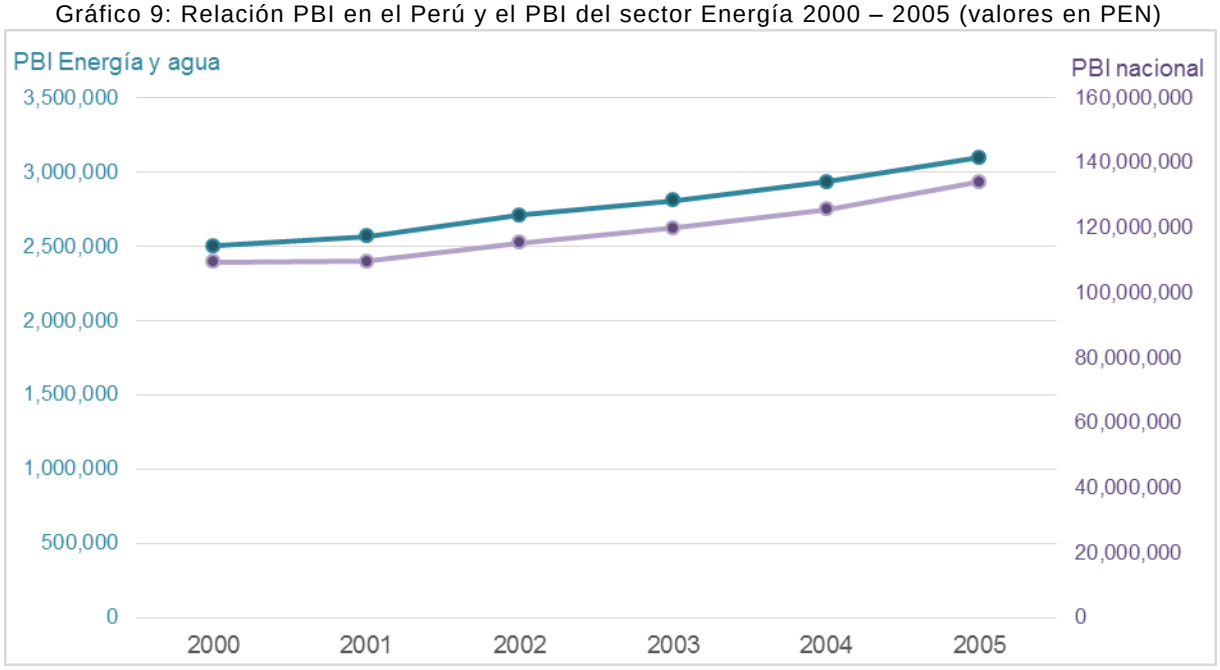

Fuente: INEI

Es importante mencionar que el PBI del sector energía y agua y el PBI total del Perú guardan una relación directamente proporcional. La siguiente grafica muestra el incremento del PBI del Perú a través de los años (2000 – 2005):

[6] Fuente: Informativo DGE-MINAM, disponible en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/promocion%20electrica/informativo8.pdf

[7] Consultado en Balance Nacional de Energía 2012 (BNE2012), páginas 116-124. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/archivos/BNE_2012_Revisado.pdf

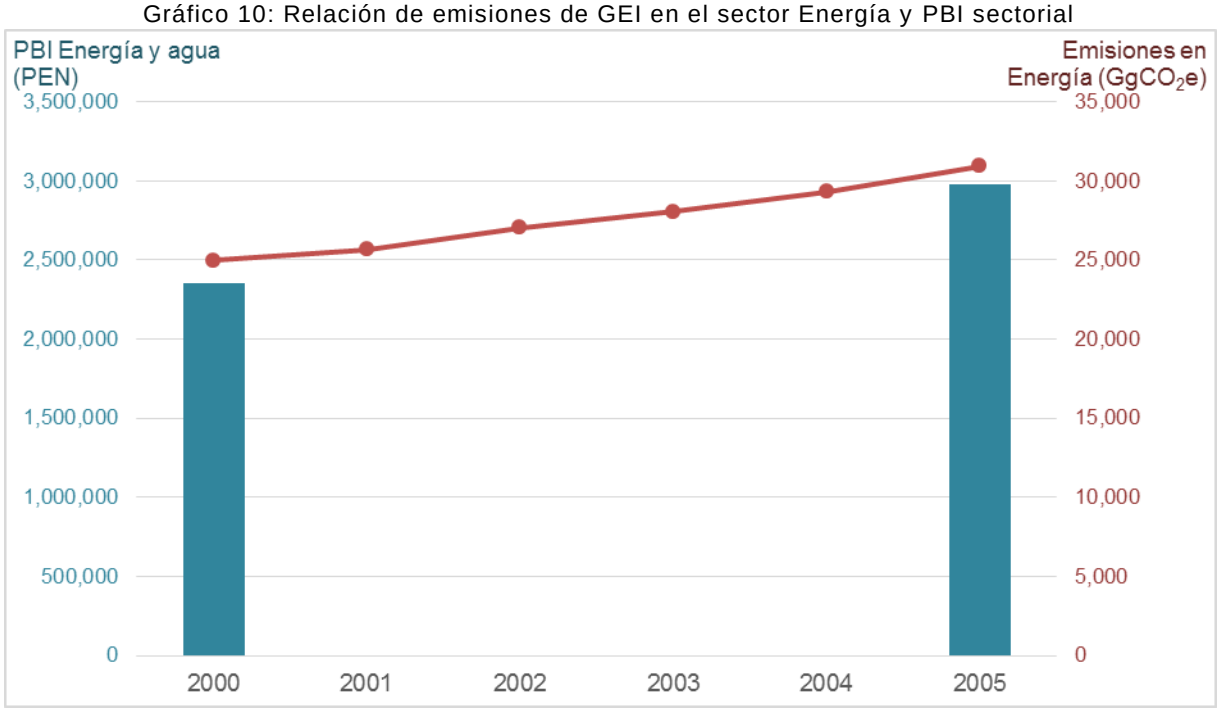
Gráfico 9: Relación PBI en el Perú y el PBI del sector Energía 2000 – 2005 (valores en PEN)




Fuente: INEI

En la mayor parte de los países en vías de desarrollo el crecimiento de las demandas de energía son proporcionales a sus emisiones de GEI. Esto también se ha identificado en el sector energético del Perú, según los datos de los inventarios 2000 y 2005[8].

Gráfico 10: Relación de emisiones de GEI en el sector Energía y PBI sectorial




Fuente: INEI

[8] Valores preliminares para los INGEI 2000

En las fuentes estacionarias del sector Energía, la circunstancia más importante es el inicio de la masificación del gas natural, cuyos efectos se verían en los próximos años (ver informe del INGEI 2012).

Respecto al consumo de gas natural, para el año 2005, en la siguiente tabla se muestra el balance del gas natural, considerando sus diferentes usos: Consumo nacional (el que finalmente es vendido y distribuido en el país en los diferentes sectores económicos), Uso propio (usado como combustible en las empresas explotadoras y transportadoras del gas natural), Exportado y No aprovechado.

Tabla 8: Balance del gas natural en el Perú (expresado en $10^6 m^3$ [9])

PLUSPETROL

| Mpie$^3$ | Consumo 2005($10^6 m^3$) | Tipo de Consumo | Sector de Uso |
|---|---|---|---|
| 53,567,119.00 | 1,517.05 | Consumo nacional | Vendido |
| 16,910,684.00 | 478.92 | Uso propio | Combustible |
| - | - | Exportado | Vendido Lote 56 |
| 4,314,501.00 | 122.19 | No aprovechado | Venteado |
| 3,231,834.00 | 91.53 | No aprovechado | Quemado |
| 133,640,316.00 | 3,784.77 | No aprovechado | Reinyectado |
| - | - | No aprovechado | Reposición, instrumentos, shrinkage |

Fuente: Memoria Perupetro 2005 (Cap. 2, pág. 14)

1,429 x $10^6 m^3$

GN distribuido:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Generación de electricidad | | | |
| 1,238.80 | $10^6 m^3$ | 43,741,892.00 | MPC |
| Consumos sectores | | | |
| 183.47 | $10^6 m^3$ | 6,478,169.00 | MPC |
| Usado en refinerías: | | | |
| 6.61 | $10^6 m^3$ | 233,251.00 | MPC |
| Operaciones petroleras | | | |
| - | $10^6 m^3$ | - | MPC |

Fuente: Memoria Perupetro 2005 (Cap. 2, pág. 7)

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores de las fuentes en gris no se incluyen en el INGEI 2005

De acuerdo a la tabla anterior – en el año 2005 –, la cantidad de gas natural exportado es mayor al consumo nacional. La cantidad vendida fue: 1,517.05 x $10^6 m^3$ [10], la cantidad distribuida y consumida en los sectores fue: 1,429 x $10^6 m^3$ (la diferencia, 88 x $10^6 m^3$, se puede asumir como pérdidas en transmisión y distribución). El mayor consumo por sectores se reportó en la "Generación de electricidad" y "Otros sectores" (este incluyen los sectores económicos: industrial, transportes, minero metalúrgico, comercia, pesquería y doméstico)

[9] Unidades en miles de pies cúbicos y millones de metros cúbicos ($10^6 m^3$)

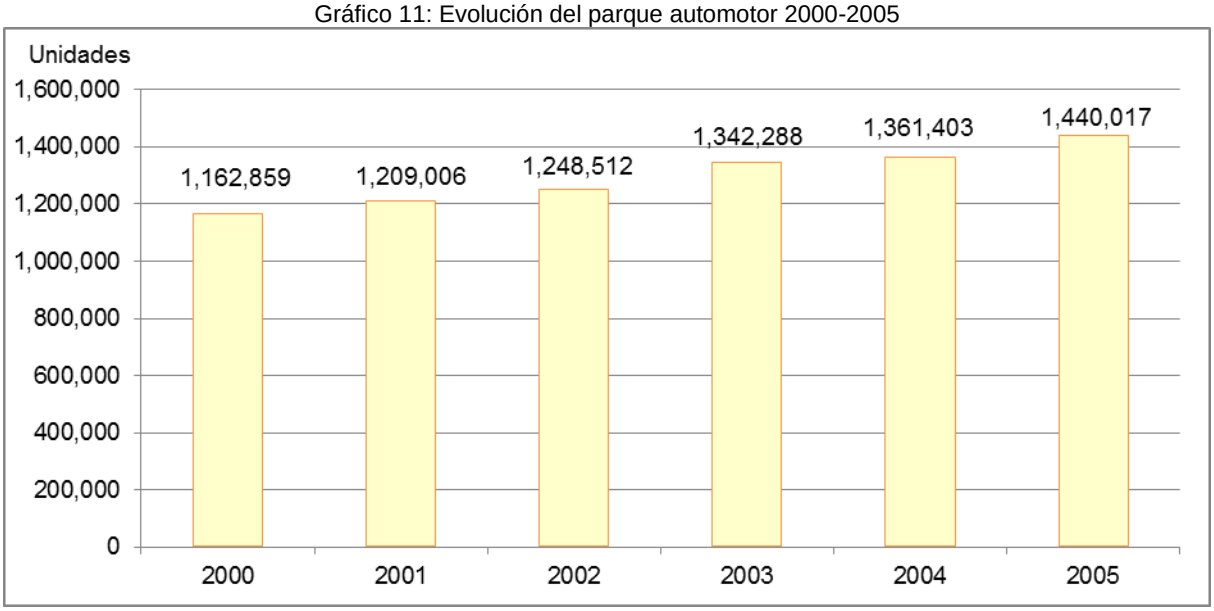
[10] Memoria Perupetro 2005 (capítulo 2). Disponible en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/capitulo2.pdf

## 3.2. Energía (fuentes móviles)

**Panorama de la categoría de Transporte**

En el **Transporte terrestre** entre los años 2000 y 2005 se ha generado una transformación del transporte el mismo que se hace evidente en el incremento del parque automotor pasando de 1,162 859 unidades en el año 2000 a 1,440017 unidades en el año 2005 (Estadísticas de parque vehicular - MTC-Oficina General de Planeamiento y Presupuestos - Oficina de Estadística[11]).

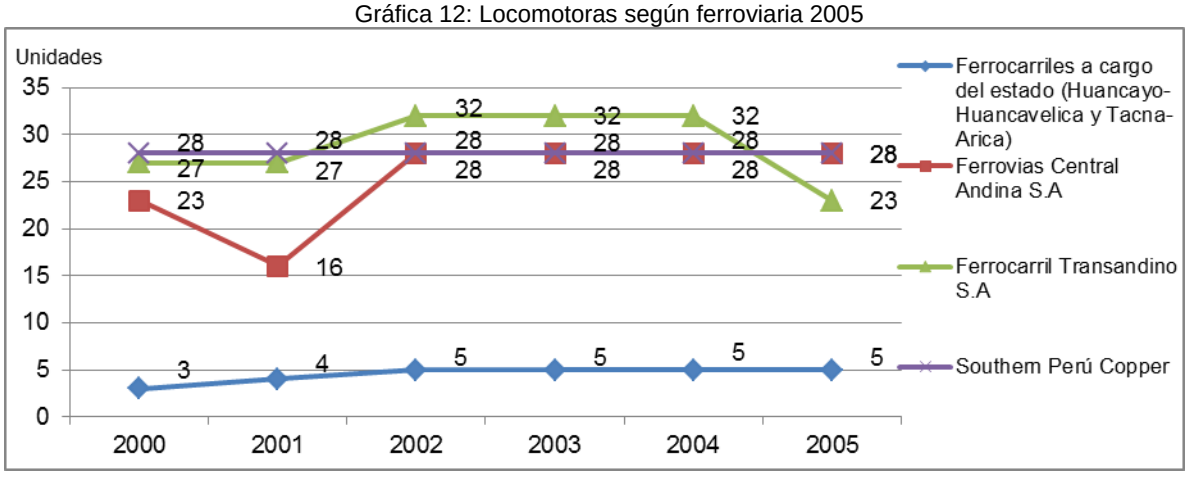
Gráfico 11: Evolución del parque automotor 2000-2005




Fuente: MTC-OGPP

En el caso del **transporte ferroviario** existe un incremento en el número de unidades de locomotoras (parte principal del tren y que contiene el motor)[12]. El sistema ferroviario en el Perú está conformado para el 2005 por: Ferrovías Central Andina S.A, Ferrocarril Transandino S.A, Southem Perú Cooper, Ferrocarril Huancayo-Huancavelica y Ferrocarril Tacna-Arica, siendo Southem Perú quien tiene más unidades de locomotoras:

Gráfica 12: Locomotoras según ferroviaria 2005

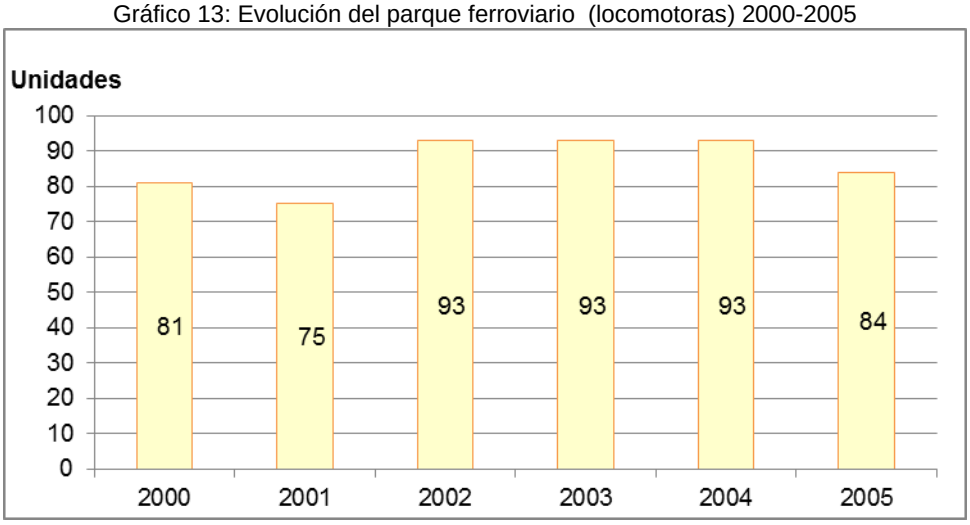



Fuente: MTC - DGCF.

[11] Fuente: Información recopilada/ MTC-SUNARP-TIPO DE COMBUSTIBLE Y VEHÍCULO
[12] Descrito por DGCF (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles).

Las ferroviarias mencionadas anteriormente, han permitido que crezca el parque ferroviario en el Perú, tal como se aprecia en el siguiente gráfico:

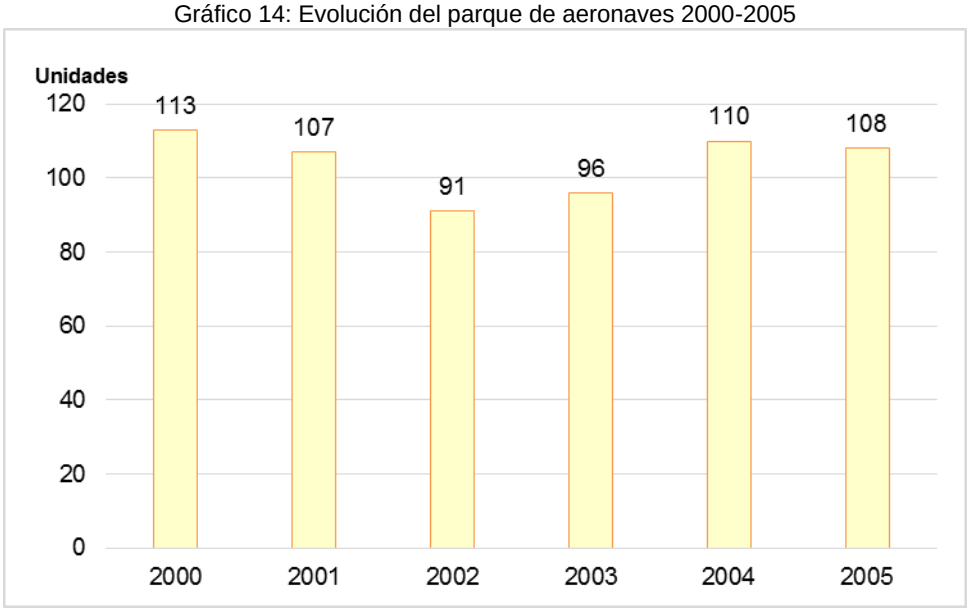
Gráfico 13: Evolución del parque ferroviario (locomotoras) 2000-2005




Fuente: MTC-DGCF.

En el caso del **transporte aéreo**, a partir del año 2002 se registra un incremento significativo en el número de aeronaves, esto –principalmente- porque las empresas aerocomerciales, empiezan aumentar su flota de aviones.

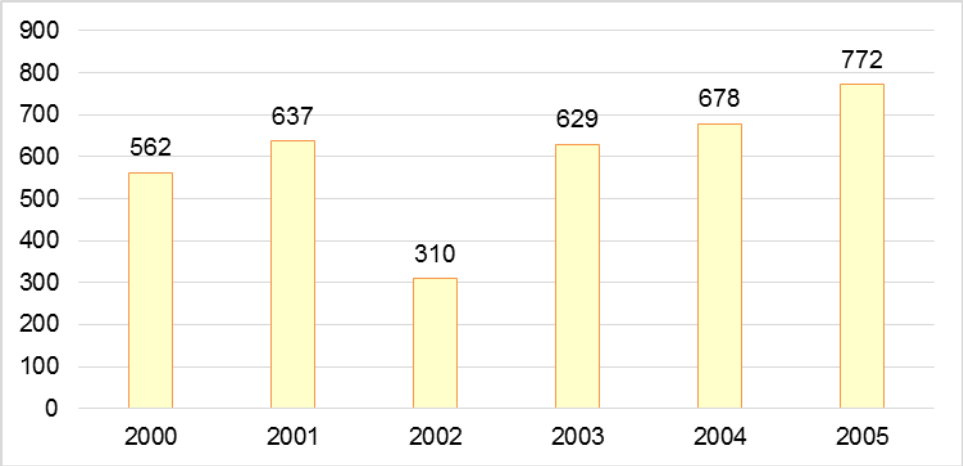
Gráfico 14: Evolución del parque de aeronaves 2000-2005




Fuente: MTC-DGAC

En el **transporte marítimo, lacustre y fluvial** existe una variación en el número de unidades de naves y es variable según el tráfico de buques en los principales terminales portuarios de uso público del país. Así se presentan en el siguiente gráfico la evolución del parque de naves del año 2000 al año 2005:

Gráfico 15: Evolución del parque naviero 2000-2005




Fuente: MTC-DGTA

Analizando el PBI, durante el año 2005, el servicio en el sector transportes alcanzó una tasa de crecimiento real de 8.3%. El comportamiento favorable del sector se debió al crecimiento positivo de todos sus modos, destacando el modo de transporte terrestre (creció 8.7%) y los servicios conexos[13] (creció 7.3%). El Transporte Aéreo tiene una alta participación relativa y su bajo crecimiento (2.9%) influye con la baja cifra del sector:

Tabla 9: PBI del Sector Transportes, según modos 2004-2005

| Modo de transporte | Año 2004 | Año 2005 | Variación [%] |
|---|---|---|---|
| Transportes | 8,168 | 8,845 | 8.3% |
| Terrestre | 6,535 | 7,101 | 8.7% |
| Marítimo-fluvial | 141 | 150 | 6.4% |
| Aéreo | 171 | 176 | 2.9% |
| Servicios conexos | 1,321 | 1,418 | 7.3% |

Fuente: INEI-Dirección Nacional de Cuentas Nacionales / MTC-OGPP - Oficina de Estadística

Del año 2000 al 2005, el PBI de la actividad de transporte ha variado positivamente, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 10: PBI del sector Transportes (millones PEN), según modos 2000-2005

| Año | Emisiones GEI (Gg $CO_2e$) | Transporte Terrestre | Transporte Marítimo-fluvial | Transporte aéreo | Servicios conexos | Total Transporte | Variación [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | 9,832 | | | | | 5,496([14]) | |
| 2001 | | | | | | 5,219([26]) | 11.9% |
| 2002 | | | | | | 5,682([26]) | 10.6% |
| 2003 | | 6,282 | 135 | 158 | 1,147 | 7,722 | 13.5% |
| 2004 | | 6,535 | 141 | 171 | 1,321 | 8,168 | 5.8% |
| 2005 | 11,887 | 7,101 | 150 | 176 | 1,418 | 8,845 | 8.3% |

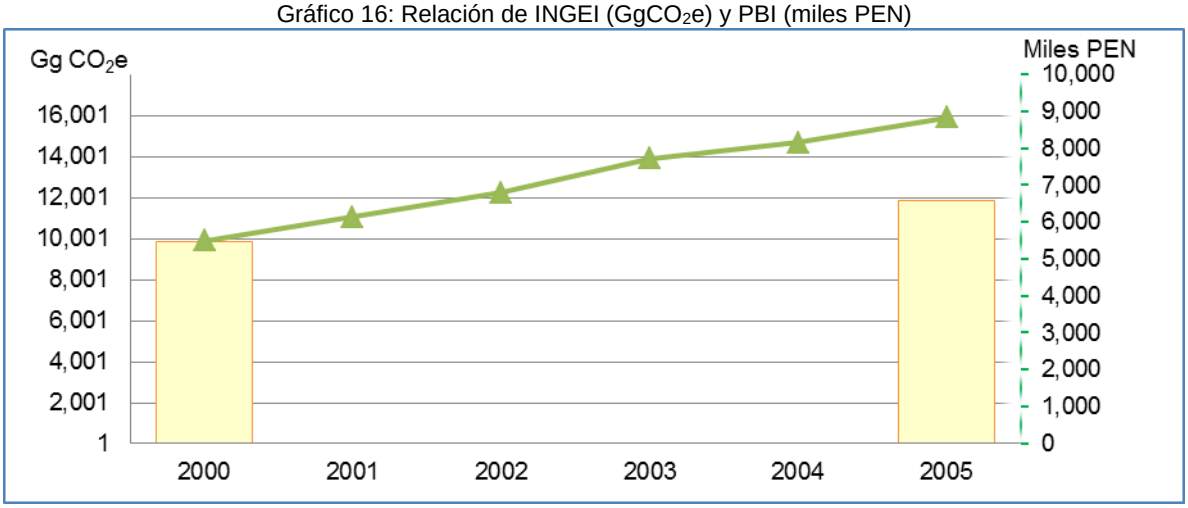
Fuente: INEI-Dirección Nacional de Cuentas Nacionales / MTC-OGPP - Oficina de Estadística

[13] Considera servicios de manipulación de carga, almacenamiento y depósito, actividades complementarias de naves, actividades de agencias de viajes y operaciones turísticas, otras actividades auxiliares, alquiler y arrendamiento de vehículos automotores, alquiler y arrendamiento de transporte por vía acuática y por vía aérea.

[14] Dato calculado por A2G, en base a una regresión (línea de tendencia), haciendo uso de los datos del año 2003 al 2012.

En la tabla anterior, se observa que las emisiones GEI de la categoría de Transporte a nivel nacional para los años 2000 y 2005 han venido presentando un crecimiento; así como también se presenta una relación lineal con el PBI, tal como se aprecia en la siguiente gráfica:

Gráfico 16: Relación de INGEI ($GgCO_2e$) y PBI (miles PEN)




Fuente: Elaboración propia

**Inventarios de Emisiones GEI:**

El Inventario de GEI del año 2000, en la categoría de Transportes reportó 9,833 Gg $CO_2e$, lo que constituye un 8.28%[15] del total de emisiones de GEI del 2000 para el Perú. Estos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11: Inventario Nacional de Emisiones GEI 2000

| Código de categorías de fuentes - GL2006 | | | | | **Categorías de fuentes y sumideros** | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones GEI 2000 [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| | 1A | | | | | | | | |
| | | **1A3** | | | **Transporte** | | | | **9,832.99** |
| | | | 1A3a | | Aviación civil | 426.12 | 16.15 | 4.61 | 427.89 |
| | | | 1A3b | | Transporte terrestre | 9,021.73 | 2,052.98 | 453.39 | 9,205.39 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 24.23 | 1.36 | 9.35 | 27.16 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 170.77 | 16.15 | 4.61 | 172.54 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

El Inventario de GEI del año 2005, en la categoría de Transportes reportó 11,887 Gg $CO_2e$, lo que constituye un 6.38% del total de emisiones de GEI del 2005 para el Perú. Estos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12: Inventario Nacional de Emisiones GEI 2005

| Código de categorías de fuentes - GL2006 | | | | | **Categorías de fuentes y sumideros** | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones GEI 2005 [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| | 1A | | | | | | | | |
| | | **1A3** | | | **Transporte** | | | | **11,886.95** |
| | | | 1A3a | | Aviación civil | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |

[15] Valor estimado al 15 de agosto 2015.

| Código de categorías de fuentes - GL2006 | | | | | **Categorías de fuentes y sumideros** | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones GEI 2005 [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1A3b | | Transporte terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 9.86 |

Fuente: Elaboración propia.

Analizando el INGEI 2000 y 2005, las emisiones en la categoría especial de Transportes reportaron un incremento de 20.9% en las emisiones GEI, del mismo modo, se reporta un incremento del PBI en el mismo sector (8.3%) (Ver gráfico 16). La fuente: "Aviación Nacional" reporta una reducción, debido a un menor consumo de combustible en las actividades de transporte de viajes aerocomerciales a nivel nacional.

## 3.3. Procesos Industriales y Uso de Productos

En el sector Procesos Industriales y Uso de productos (PIUP) las mayores emisiones se reportan en: Producción de cemento, Producción de hierro y acero, plomo y Producción de caliza y dolomitas (ladrillos), juntas suman el 96.4%[16] de las emisiones de PIUP y están relacionadas directamente con el sector construcción del Perú. El sector construcción en el Perú ha ido en aumento en los últimos años (2000 - 2005), incrementándose así la producción de materia prima y/o insumos que satisfagan la demanda del sector y promoviéndose la creación de nuevas empresas, innovación o mejoramiento en los procesos y fusiones empresariales.

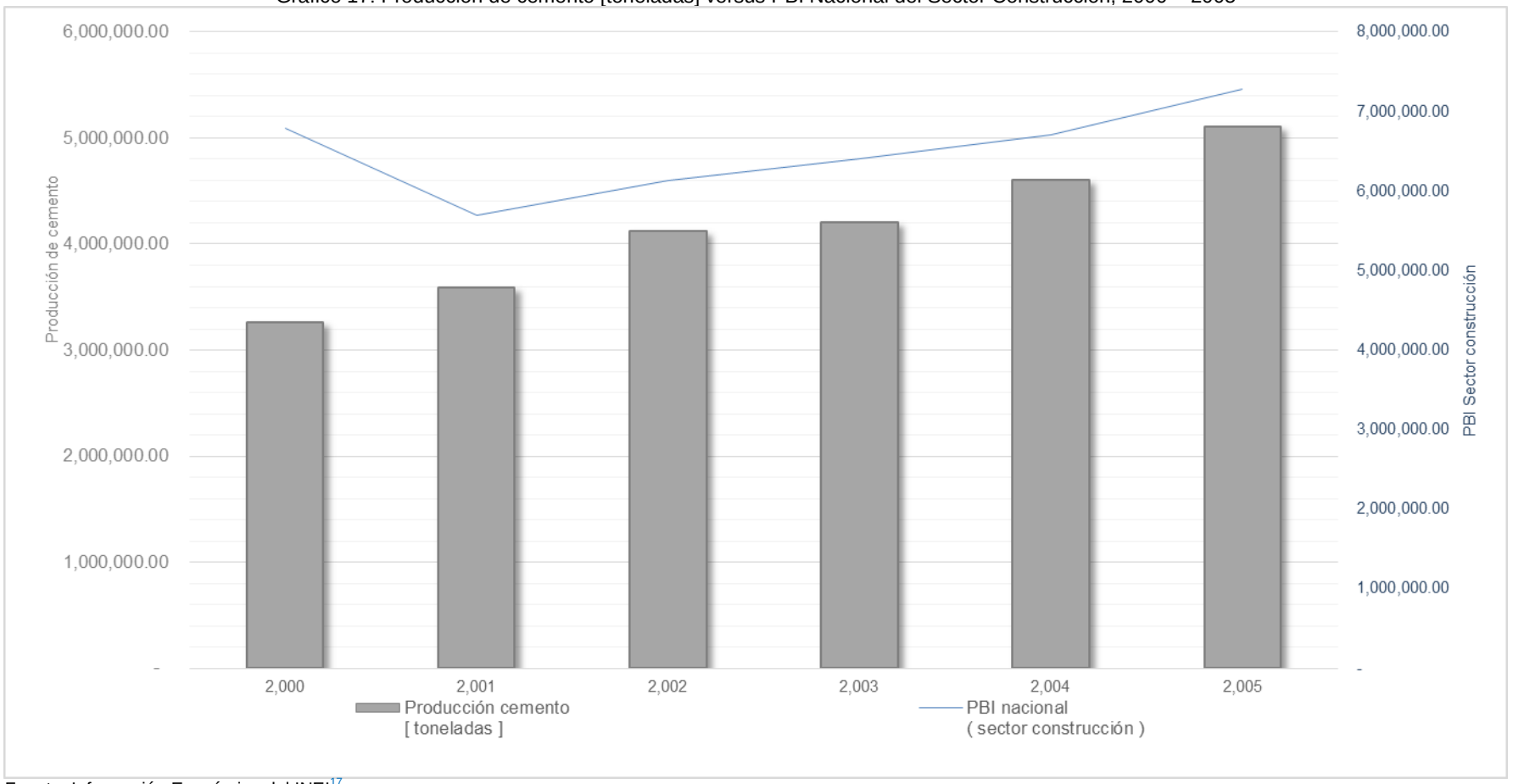
Uno de estos insumos es la producción de cemento, producción que ha ido aumentando cada año, esto genero la creación de la empresa como Cementos Inka, fusiones de empresas como Cementos Lima y Cementos Andino que ahora son UNACEM.

Como se puede apreciar en el siguiente grafico el aumento de la producción de cemento desde el año 2000 y el PBI del sector construcción tienen un aumento simétrico.

[16] Participación de estas fuentes, relacionadas al sector construcción por INGEI en años:

2005: 94.6%; 2000: 95.6%

Gráfico 17: Producción de cemento [toneladas] versus PBI Nacional del Sector Construcción, 2000 – 2005




Fuente: Información Económica del INEI[17]

[17] Información económica del INEI - http://iinei.inei.gob.pe/iinei/siemweb/publico/

Como ya se ha mencionado, la producción de cemento va de aumento cada año y tiene fuerte influencia en las emisiones GEI ya que seguirá la misma tendencia (Es casi el 70% de las emisiones GEI del sector PIUP). Sin embargo, es posible que las emisiones de GEI reduzcan al producir más tipos de cemento con aditivos[18], los tipos de cemento comercializados en el Perú se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13: Tipos de cemento comercializados en el Perú

| **Tipo cemento portland** (clinker + yeso) | **Usos** |
|---|---|
| I | Uso general, sin propiedades especiales |
| II | Uso general, con moderada resistencia a los sulfatos o calor de hidratación |
| III | Altas resistencias iniciales |
| IV | Bajo calor de hidratación |
| V | Alta resistencia a los sulfatos |
| **Tipo cemento con adiciones** (clinker + yeso + filler calizo) | **Usos** |
| IP | Uso general, sin propiedades especiales.<br>Puzolana: 15% - 40% |
| IPM | Uso general, sin propiedades especiales.<br>Puzolana: hasta 15% |
| MS | Mediana resistencia a la escoria<br>Escoria: hasta 25% |
| ICo | Uso general<br>Filler calizo: hasta 30% |

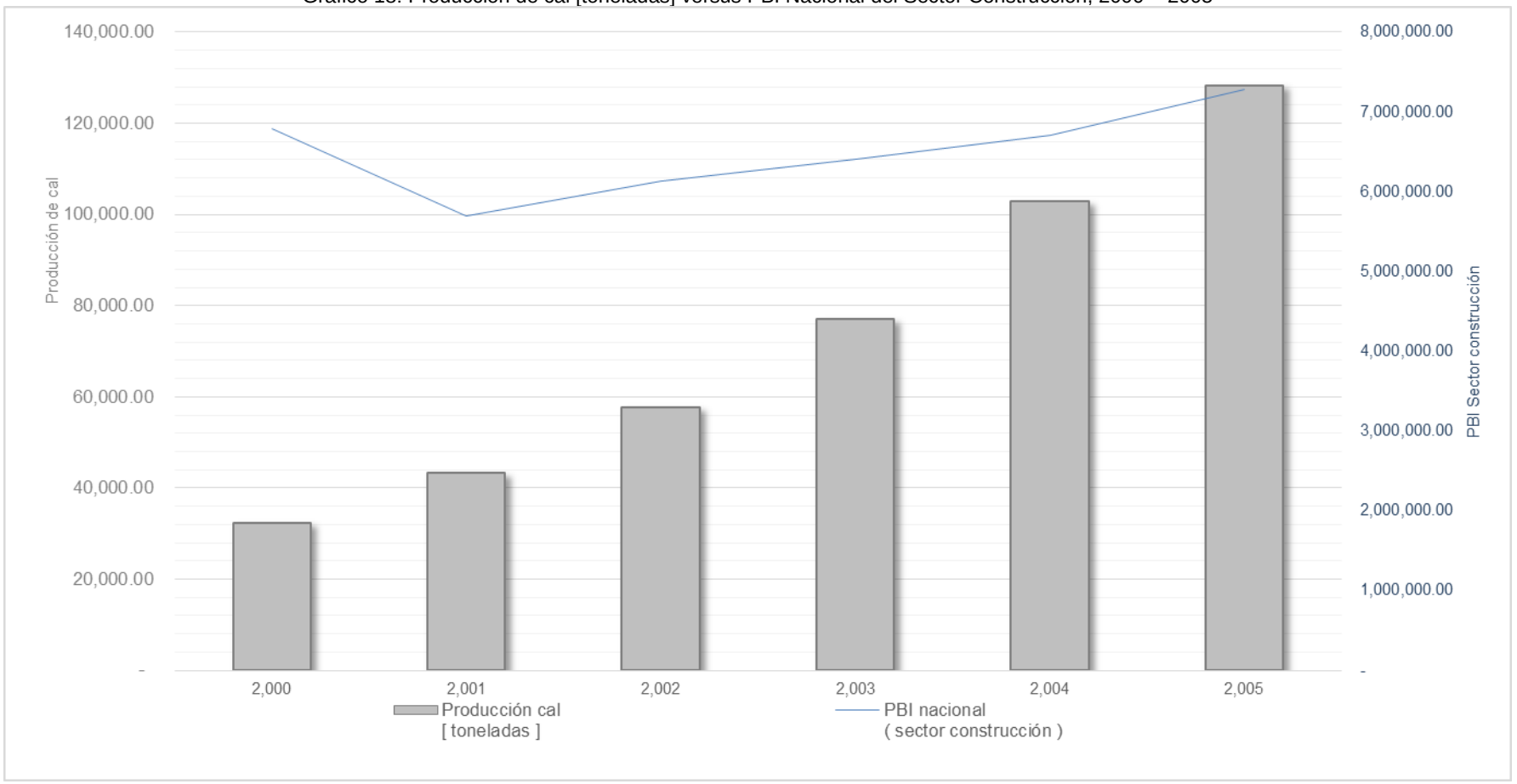
Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que hay varias empresas que son informales y que por lo tanto no se tiene un registro de su producción.

En el siguiente gráfico se puede visualizar la producción de cal y el PBI del sector construcción.

[18] Al añadir más aditivos durante el proceso de producción de cemento, se consume menos clínker, por lo que generaría menos emisiones GEI.

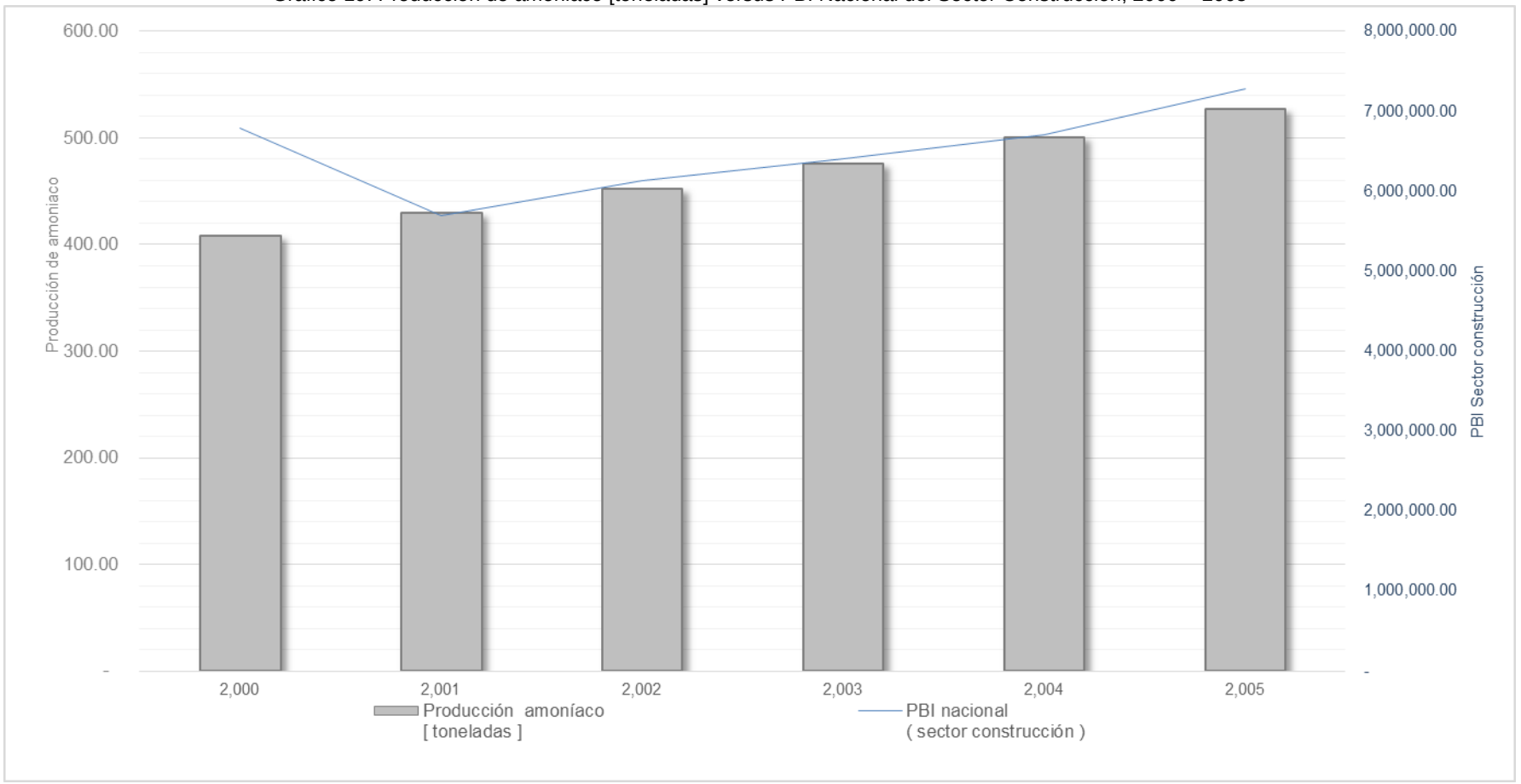
Gráfico 18: Producción de cal [toneladas] versus PBI Nacional del Sector Construcción, 2000 – 2005




Fuente: Proyecciones basadas en información de PRODUCE y Compendio Estadístico INEI 2014

Dentro de la industria química ha sido igual el panorama de la producción, por ejemplo la producción de amoníaco también ha ido aumentando cada año como se puede visualizar en el siguiente gráfico:

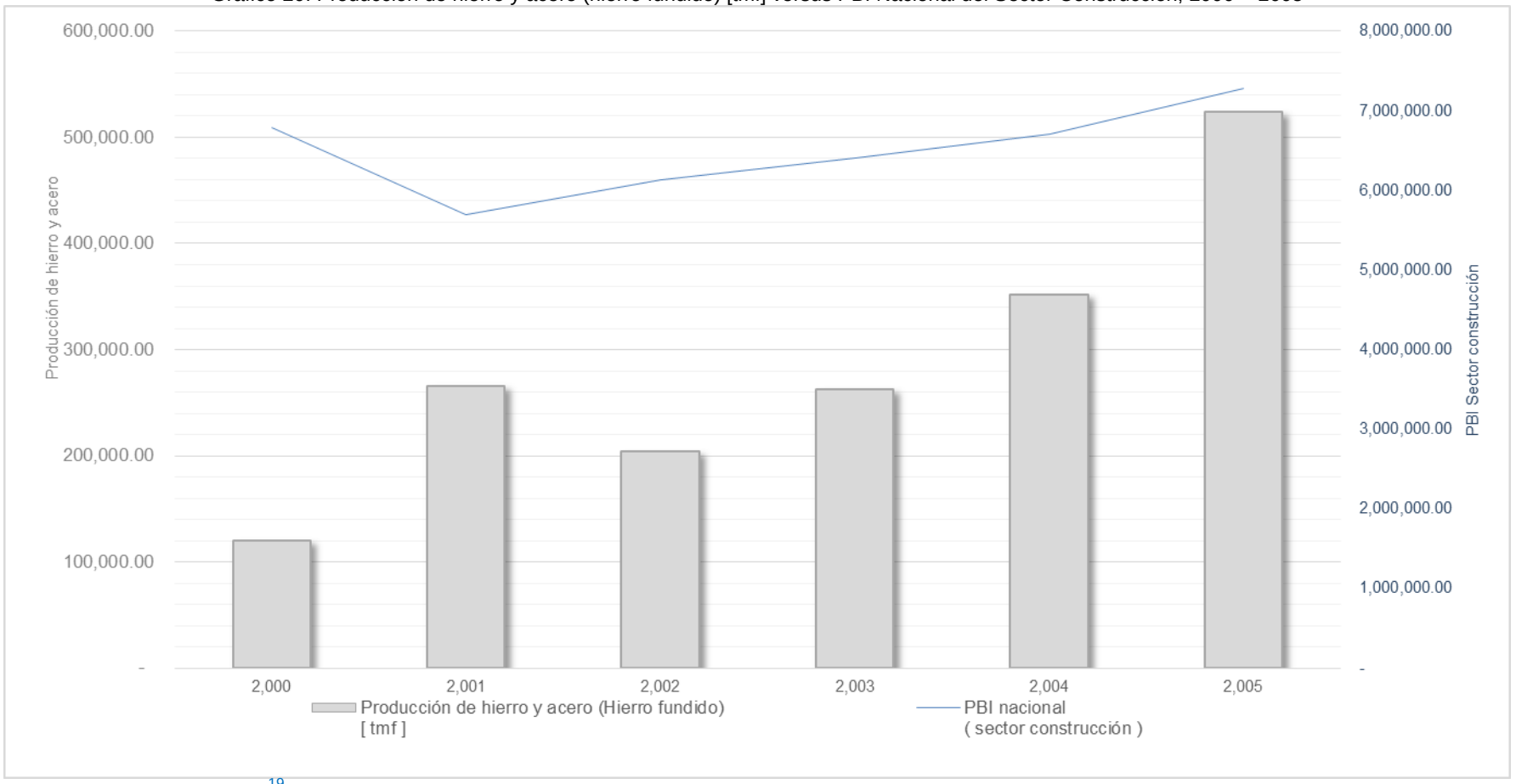
Gráfico 19: Producción de amoniaco [toneladas] versus PBI Nacional del Sector Construcción, 2000 – 2005




Fuente: Proyecciones basadas en la producción de amoniaco del INGEI 2010

En el caso de la industria de los metales la producción de hierro y acero también ha ido en aumento cada año como se puede visualizar en la siguiente gráfica:

Gráfico 20: Producción de hierro y acero (hierro fundido) [tmf] versus PBI Nacional del Sector Construcción, 2000 – 2005

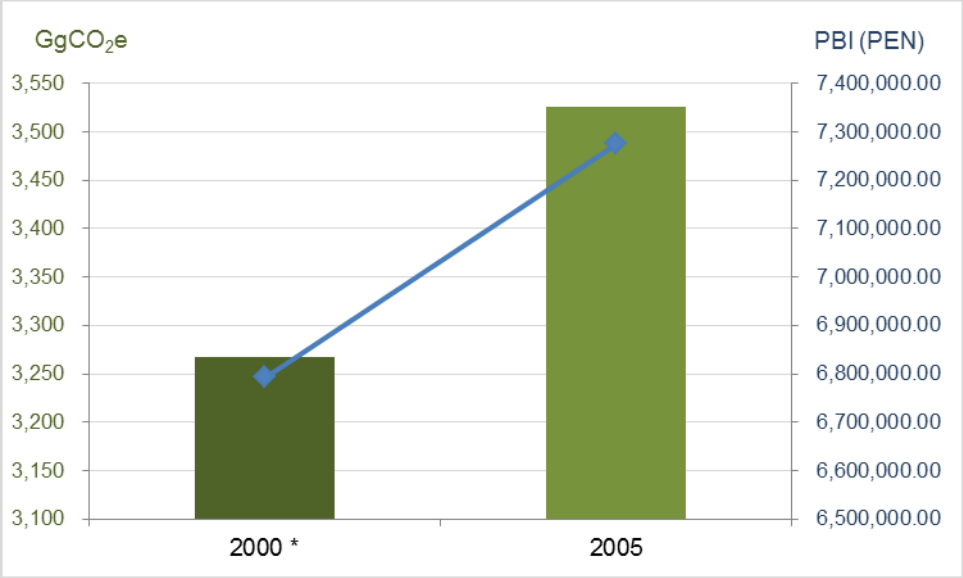



Fuente: Series Nacionales INEI [19]

[19] Fuente: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/

Como se mencionó anteriormente, las fuentes de emisión relacionadas al sector construcción son las que mayor aporte reportan en el sector PIUP; por lo tanto, el incremento de las emisiones de GEI en PIUP, se deben –en gran parte- al incremento del sector construcción[20], como se puede visualizar en el siguiente gráfico:

Gráfico 21: Emisiones de GEI - Sector PIUP: 2000, 2005




[20] "La construcción de viviendas, centros comerciales, rehabilitación y mejoramiento de la red vial y obras de infraestructura como el terminal de pasajeros del Aeropuerto de Pisco, Tren Eléctrico, Vía Parque Rímac y las edificaciones demandadas por las unidades mineras, contribuyeron al crecimiento del sector en 8,56%, en el 2013. El sector Construcción en el mes de diciembre pasado aumentó en 2,26% y sumó 12 años de crecimiento ininterrumpido" Fuente: INEI (http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/economia-peruana-crece-por-15-anos-consecutivos-7441/ )

## 3.4. Agricultura

El Perú es un país con grandes extensiones de tierras dedicadas a la actividad agropecuaria, según el Informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación, publicación del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el Perú contó para el año 2005 con 35' 381,809 hectáreas de tierras agropecuarias. Encontrándose la mayoría en la región sierra.

Tabla 14: Superficie agropecuaria del Perú - 2005

| Región | Superficie agropecuaria (ha) | Participación (%) |
|---|---|---|
| Costa | 3,243,787 | 9% |
| Sierra | 21,756,144 | 61% |
| Selva | 10,381,878 | 29% |
| **Total** | **35,381,809** | **100%** |

Fuente: INIA (MINAG 2008)

Respecto a las tierras agrícolas el territorio nacional, según el informe mencionado anteriormente en el párrafo precedente (INIA), contó para el año 2005 con 5'476,977 hectáreas, encontrándose la mayoría también en la región sierra.

Tabla 15: Superficie agrícola del Perú - 2005

| Región | Superficie agrícola (ha) | Participación (%) |
|---|---|---|
| Costa | 918,276 | 17% |
| Sierra | 2,695,905 | 49% |
| Selva | 1,862,795 | 34% |
| **Total** | **5,476,977** | **100%** |

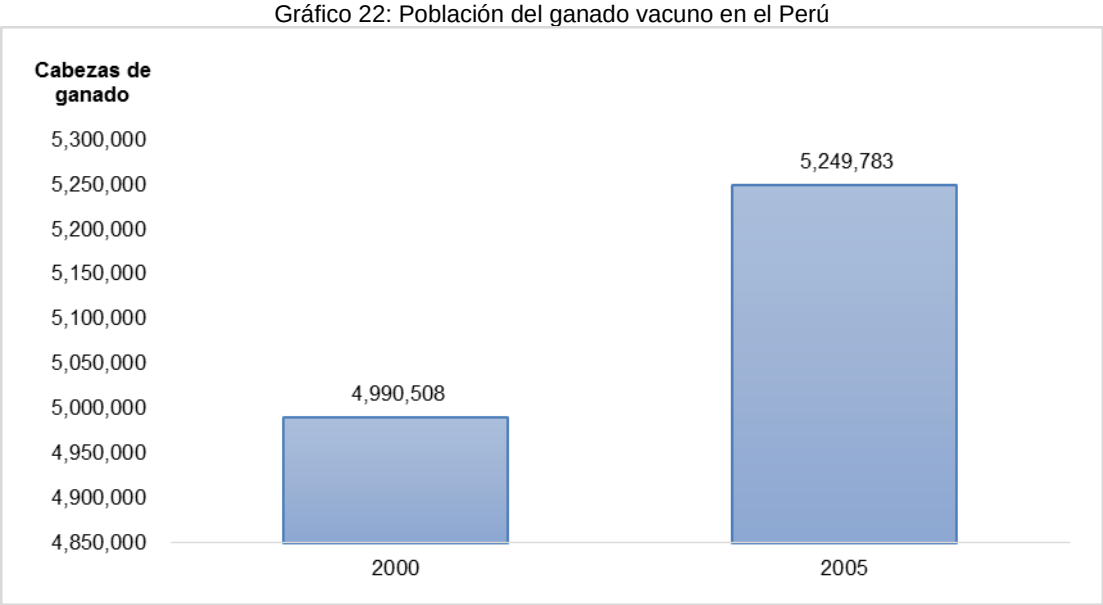
Fuente: INIA (MINAG 2008)

El Producto Bruto Interno (PBI) del sector agropecuario para el año 2005 fue 12,259 millones de soles, de los cuales 7,578 millones pertenecieron al sector agricultura y 3,668 millones al sector pecuario. Teniendo como PBI nacional 148,640 millones de soles para el año 2005, el sector agrícola represento 5.1% y el sector pecuario 2.5% respectivamente.[21]

Las principales fuentes de emisión de GEI del sector agricultura son la fermentación entérica y los suelos agrícolas debido al regular crecimiento de las poblaciones de ganado (principalmente vacuno como mayor emisor) y al aumento de productividad de los principales cultivos a nivel nacional respectivamente. Los datos históricos sobre la población del ganado vacuno claramente demuestran que esta se viene incrementando, según la información proporcionada por la Dirección de estadística Agraria del Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI), las poblaciones para los años 2000 y 2005 fueron de 4'990,508, lo que quiere decir que ha habido un incremento del 5.2% para el periodo comprendido entre los años de análisis.

[21] Banco Central de Reserva del Perú: http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2010/Memoria-BCRP-2010-8.pdf

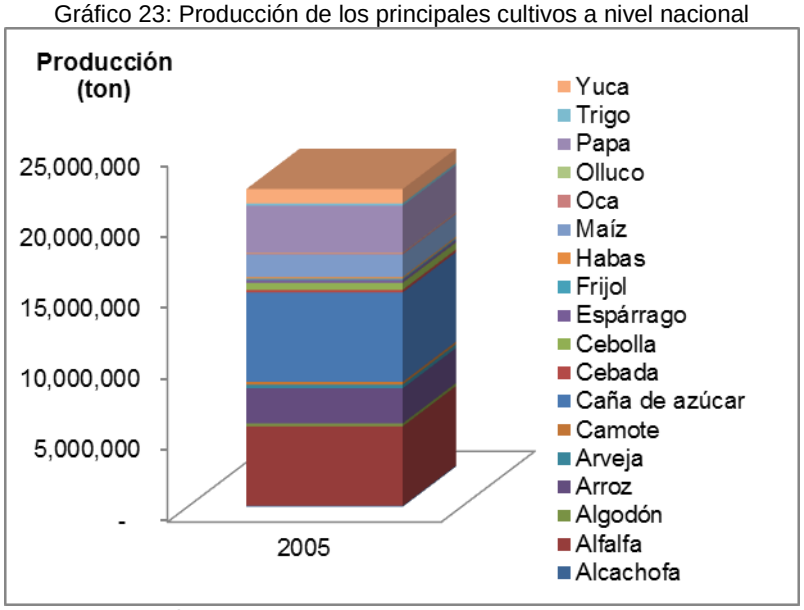
Gráfico 22: Población del ganado vacuno en el Perú




Fuente: Elaboración propia en base a datos del MINAGRI

Respecto a la producción de los cultivos que tienen influencia sobre las emisiones de GEI nacionales, hay que indicar que se han incluido, debido a su importancia (niveles de producción e influencia sobre el PBI), en adición a los ya presentados en los inventarios oficiales anteriores (alfalfa, algodón, arroz, caña de azúcar, cebada, espárrago, frijol, maíz, papa y trigo), a los siguientes: alcachofa, arveja, camote, cebolla, habas, oca, olluco y yuca. Esta inclusión fue propuesta por el proyecto Planificación Ante el Cambio Climático (PlanCC) a través del desarrollo de un proceso participativo entre especialistas y técnicos del sector agrícola.

Gráfico 23: Producción de los principales cultivos a nivel nacional



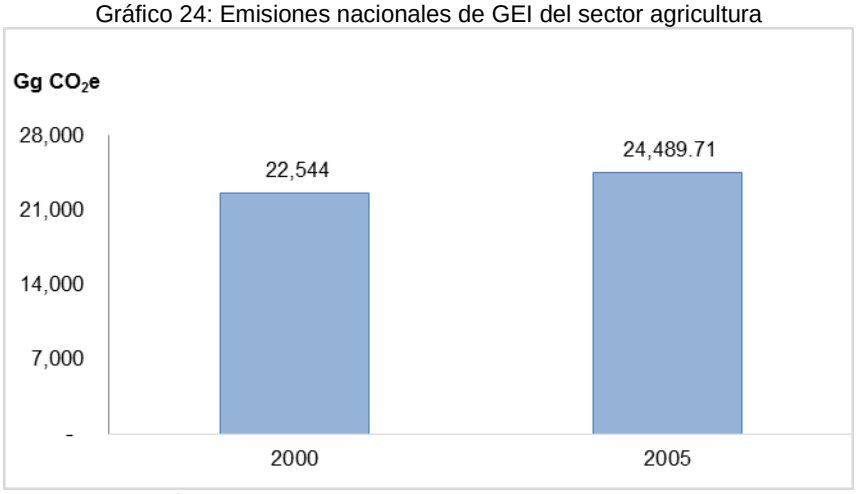

Fuente: Elaboración propia en base a datos del MINAGRI

En el año 2005 los cultivos que tuvieron mayor producción fueron la caña de azúcar, alfalfa, papa, maíz y yuca.

La agricultura y el cambio climático tienen una relación que es bidireccional: por un lado, la agricultura es uno de los principales sectores con importantes emisiones de GEI causantes del cambio climático; el cual tiene impactos sobre la agricultura.

Se han estimado las emisiones de GEI para el sector agricultura, las que resultaron en 24,490 $GgCO_2e$. Si comparamos este resultado con el de años anteriores (2000), las emisiones estimadas han aumentado en un 13%.

Gráfico 24: Emisiones nacionales de GEI del sector agricultura




Fuente: Elaboración propia

De otro lado el cambio climático impacta en la agricultura mediante los eventos extremos y por la sostenida modificación, principalmente, en la precipitación y temperatura. Se estima que en el periodo 1995-2007 se perdió la producción de 445 mil hectáreas (con pérdidas de casi 2,600 millones PEN para el Estado) por efecto de la variabilidad climática[22].

## 3.5. Uso de suelos y cambio de uso de suelos y Silvicultura

El Perú es el país con mayor diversidad de ecosistemas del mundo, los cuales se caracterizan por su gran complejidad geográfica, climática, geomorfológica, edáfica y florística. Los diferentes tipos de bosques existentes se ubican en paisajes desde las llanuras desérticas y llanuras en zonas lluviosas tropicales, hasta las altas montañas.

De acuerdo al Mapa De Cobertura Vegetal del Perú, en su memoria descriptiva indica que tenemos a nivel nacional de 73´280,424 ha de bosques naturales de los cuales, 68´961,682 ha son de bosques húmedos de la Amazonía; 4´107,118 ha de bosque secos costeros y andinos y 211,625 ha son bosques relictos andinos.

Estas áreas de bosque tienen gran presión y sufren permanentes acciones antrópicas: corte y quema de áreas forestales, aprovechamiento de madera, aprovechamiento de leña, incendios forestales etc. Algunas acciones como la pérdida de bosque por corte y quema para el cambio de uso del suelo de bosque a agricultura o pasto, son acciones que perjudican a grandes áreas forestales cambiando el uso del suelo y entrando luego a un ciclo de corte y quema permanente en estas áreas. Los bosques secundarios son parte un ciclo de cambio de uso del suelo, son áreas boscosas pero no llegan a mantenerse como bosques en el tiempo y forman parte de las tierras en descanso, destinadas luego de la deforestación a agricultura o pastos.

El IPCC, para el inventario de GEI, destina gran parte de sus Guías en la descripción y determinación de cálculo de estos cambios de usos, dado que los árboles/bosques son grandes almacenes de carbono y por lo tanto su pérdida constituye grandes emisiones de $CO_2e$ a la atmósfera.

[22] Véase: LA ONU Y LA COP 20 - Boletín del Sistema de Naciones Unidas en el Perú (http://onu.org.pe/wp-content/uploads/2014/06/Boletin-COP20-Agricultura-y-CC.pdf)

El país debe estratificar sus superficies para realizar los cálculos, por lo que se ha utilizado para esta labor la estratificación realizada por el Inventario Nacional Forestal correspondiente a Ecozonas y la equivalencia entre las unidades de bosque del IPCC y las unidades del mapa de cobertura vegetal del Perú del año 2009.

Tabla 16: Re- Categorización de Tipos de Bosque del IPCC y las unidades de Vegetación del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú

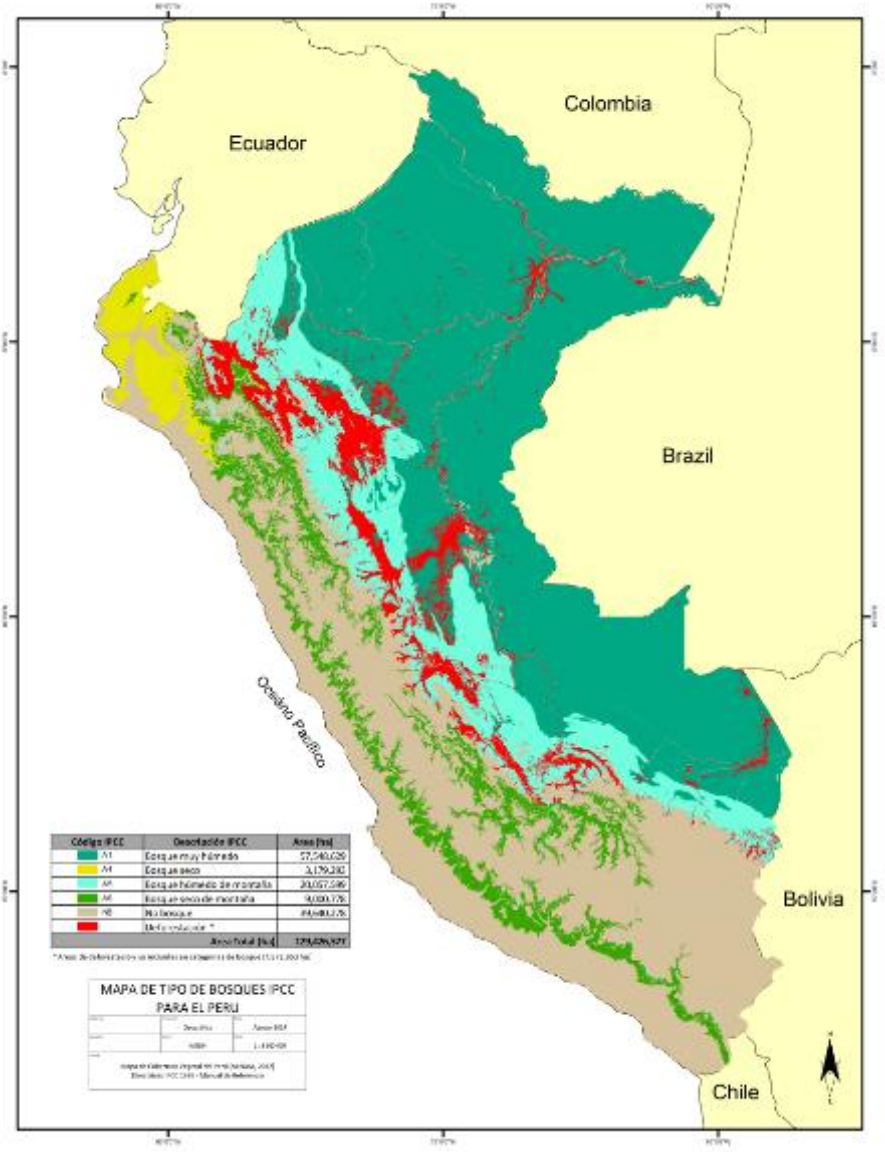
| Cód. IPCC | Categoría IPCC | Unid. Vegetación Mapa Cobertura Vegetal 2009 | Área (ha) |
|---|---|---|---|
| A1 | Bosque muy húmedo | Aguajal | 6,306,181.8 |
| | | Bosque húmedo de colina alta | 3,150,508.6 |
| | | Bosque húmedo de colina baja y lomada | 28,257,201.4 |
| | | Bosque húmedo de superficie plana inclinada | 80,301.1 |
| | | Bosque húmedo de terraza alta | 4,989,155.5 |
| | | Bosque húmedo de terraza baja y media | 11,532,895.1 |
| | | **Bosque muy húmedo con deforestación al 2009** | 3,232,385.2 |
| A2 | Bosque húmedo con corto período seco | No existe | - |
| A3 | Bosque húmedo con largo período seco | No existe | - |
| A4 | Bosque seco | Algarrobal ribereño | 7,004.2 |
| | | Bosque seco de colina alta | 333,579.3 |
| | | Bosque seco de colina baja | 285,416.3 |
| | | Bosque seco de lomada | 169,070.6 |
| | | Bosque Seco de Montaña | 844,865.6 |
| | | Bosque seco de pie de monte | 215,138.4 |
| | | Bosque seco tipo sabana | 1,318,349.0 |
| | | Manglar | 5,870.0 |
| A5 | Bosques húmedos de montaña | Bosque relicto meso andino de conífera | 845.1 |
| | | Bosque húmedo de montaña | 15,205,506.5 |
| | | Bosque relicto alto andino | 67,750.7 |
| | | Bosque relicto meso andino | 143,029.0 |
| | | **Bosque húmedo de montaña con deforestación al 2009** | 4,640,468.1 |
| A6 | Bosques secos de montaña | Bosque Seco de Montaña | 461,295.2 |
| | | Bosque seco valle interandino | 487,696.9 |
| | | Matorral Arbustivo | 8,049,261.1 |
| | | Matorral esclerófilo | 2,524.7 |

Como se observa en la Tabla 4, las dos categorías IPCC que no existen en nuestra delimitación se deben a que ninguna unidad vegetal del mapa de cobertura calza con su descripción, cabe resaltar que se está realizando la actualización de este mapa de cobertura vegetal y si terminan la labor en breve tendría que ajustarse esta homologación nuevamente. Además, las superficies deforestadas en A1 y A5 fueron las áreas reportadas en el análisis de cuantificación de cobertura y pérdida de bosque entre los años 2000-2009 (MINAM, 2014). Se ha preferido dejarlas dentro de las categorías de bosque para tener como referencia a dónde pertenecieron. Esta homologación entre categorías IPCC vs unidades del mapa de cobertura vegetal 2009 ha sido utilizada para el inventario 2010 y para el actual inventario 2005[23].

Los nuevos límites IPCC – Cobertura Vegetal 2009 se pueden ver en el siguiente mapa:

[23] Cabe señalar que la actualización del Mapa de vegetación, es un trabajo que lo viene realizando la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural y la Dirección General de Ordenamiento Territorial; que hoy por hoy aún se encuentra en proceso. Es decir, teóricamente se ha realizado la homologación para fines de este inventario, sin embargo no se contó con los shapes oficiales hasta la fecha de cierre de este informe 15/06/2015- Anexo 1

Mapa 1. Estratos IPCC para Bosque Tropical en base a Mapa de Cobertura Vegetal 2009 (con áreas deforestadas)




Como parte de la planificación y diseño del inventario, se consideró el trabajo desarrollado a la fecha por el INF, que ha definido 6 sub-poblaciones o Ecozonas "… *debido* a *la complejidad eco sistémica de los bosques del Perú y a las diversas condiciones de accesibilidad…"*[24] , *Se describe a continuación a las Ecozonas.*

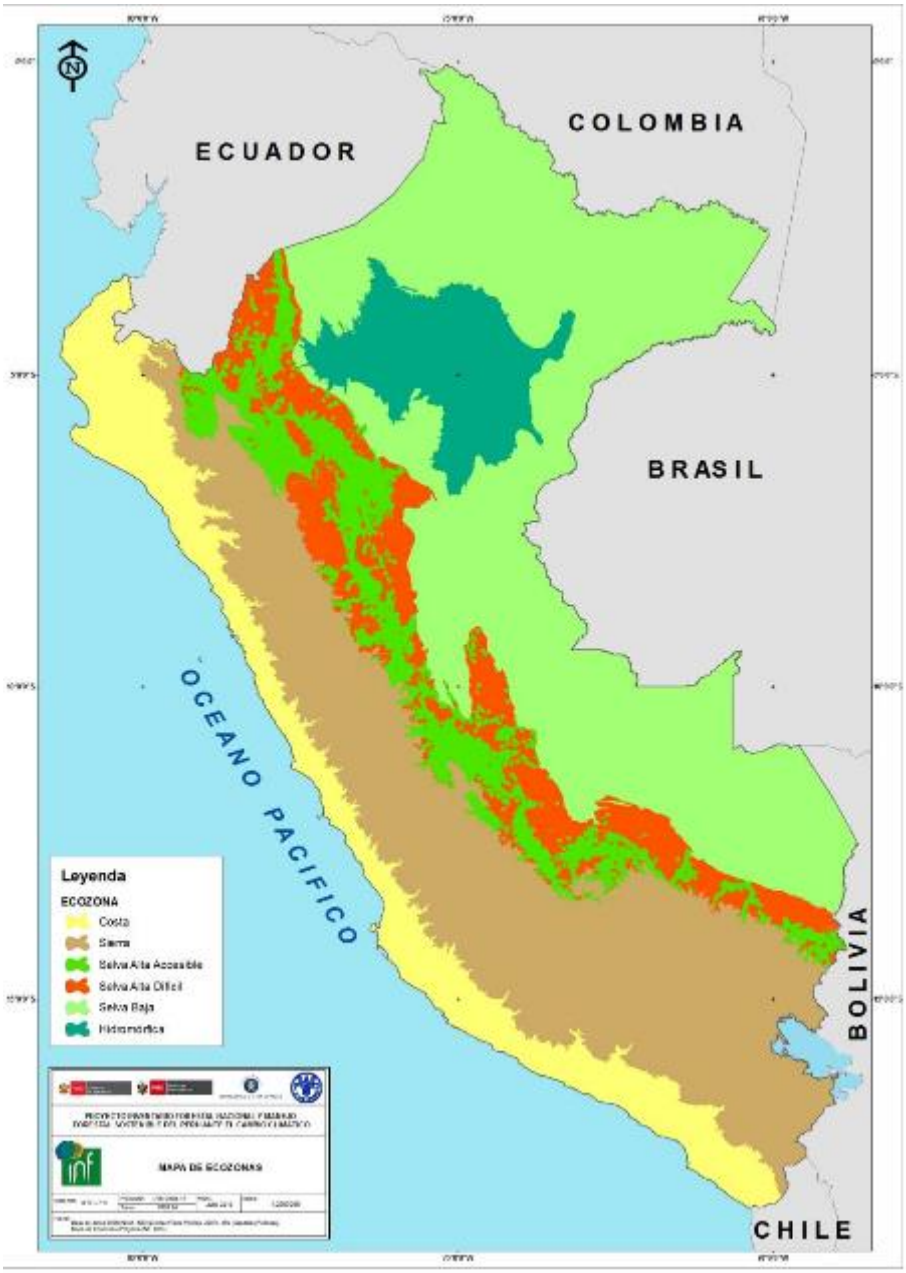
1) **Selva Baja**. Ubicada en la zona oriental, desde los 100 a 500 msnm, con vegetación predominantemente arbórea. Es la más extensa del país.
2) **Zona Hidromórfica** o formación geológica Ucamará, que contiene los grandes humedales del departamento de Loreto. Se mantiene generalmente inundada, por tanto su vegetación es típica de estas condiciones.

[24] Metodología del Inventario Nacional Forestal – Perú. Diseño y Planificación. INF, 2013.

3) **Selva Alta Accesible.** Desde los departamentos de Amazonas y Cajamarca por el norte, hasta Puno en el sur, y desde los 500 a 3800 msnm. Son zonas con buena accesibilidad.
4) **Selva Alta Difícil**. Parecida a la anterior, pero con accesibilidad limitada debido a su relieve montañoso de fuertes pendientes.
5) **Sierra**. Ubicada longitudinalmente entre los 2000 msnm en la vertiente occidental hasta los 3800 msnm en la vertiente oriental. Los bosques son de tipo relicto y de valles interandinos.
6) **Costa**. A lo largo del litoral peruano, de 0 a 2000 msnm, predominantemente desértica y con unidades de bosque tipo seco en la zona norte.

Esta estratificación ha sido usada en el inventario, donde las ecozonas tienen los mismos límites que el mapa de cobertura vegetal del Perú. Por otro lado, cada Ecozona posee datos relativos al stock de carbono, los mismos han sido utilizados para los cálculos. Cabe señalar, que dichos datos no representan factores de emisión en sí, sino existencias de carbono a escala nacional que el MINAM ha elaborado bajo la base de inventarios forestales en dichas Ecozonas.

**Mapa 2. Ecozonas del Inventario Forestal Nacional**




Fuente: Inventario Nacional Forestal, 2013

El IPCC 1996 tiene categorías y subcategorías y la Orientación sobre Buenas Prácticas 2003, sus equivalencias. Para el presente inventario se ha utilizado las subcategorías de las OBP y luego se ha realizado la correspondencia para la presentación final del inventario.

Tabla 17: Subcategorías UTCUTS, según OBP 2003 y su correspondencia con las subcategorías IPCC 1996

| IPCC 96 | OBP 2003 | |
|---|---|---|
| 5A. Cambios en biomasa y otros stocks leñosos | TFTF (3.2.1) | Pérdidas (tala, leña, incendios) |
| | TTF (3.2.2) | Incremento de biomasa (plantaciones y bosques secundarios) |
| | TATA (3.3.1) | Cultivos Perennes |
| 5B. Conversión de Bosques y Praderas | TFP (3.4.2) | Tierra Forestal a Praderas |
| | TFTA (3.3.2) | Tierra Forestal a Tierras Agrícolas |
| 5C. Abandono de tierras cultivadas | TTF (3.2.2) | Incremento de biomasa (bosques secundarios) |
| 5D. Emisiones y Absorciones en el Suelo | TFTA (3.3.2) | Conversión TFTA en suelos minerales y orgánicos |
| | TFP (3.4.2) | Conversión TFP en suelos minerales |

Fuente: OBP para UTCUTS 2003, Cap. 3. Elaboración propia.

Las siglas del cuadro corresponden a:

TFTF = Tierras Forestales que permanecen como Tierras forestales.

TTF = Tierras que se convierten a Tierras Forestales.

TFP = Tierras Forestales que se convierten en Praderas o Pastos.

TFTA = Tierras Forestales que se convierten en Tierras Agrícolas.

TATA = Tierras Agrícolas que permanecen como Tierras Agrícolas.

Es importante destacar que para este inventario sólo se ha considerado la Biomasa Aérea, Biomasa Radicular y el Carbono Orgánico del Suelo (mineral y orgánico) como fuente o depósito de $CO_2$ a ser contabilizado. Las subcategorías que han sido consideradas son Tierras forestales: TFTF, TTF; Tierras de cultivo: TATA, TTA, Praderas: TP, Asentamientos: TFA, Otras Tierras: TFOT

Asimismo, los gases de efecto invernadero distintos al $CO_2$, específicamente el metano ($CH_4$) y el óxido nitroso ($N_2O$), deben ser incluidos en todas las categorías y subcategorías de ser necesario, tal como se ha realizado el presente inventario.

## 3.6. Desechos

Esta categoría, según el IPCC, considera a todas las emisiones de metano que se generan por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos en su respectivo lugar de disposición final, comprende además las emisiones de metano que se generan en los procesos de tratamiento de los efluentes o aguas residuales de tipo residencial, comercial e industrial y las emisiones de óxido nitroso procedentes de las excretas humanas.

**Residuos sólidos**

El Perú es un país que presenta crecimiento poblacional y por ende viene generando mayores cantidades de residuos sólidos en el tiempo. Los indicadores de GPC sin embargo para el año 2005, según fuentes oficiales[25], presentan valores poco coherentes comparándolo con estudios más recientes sobre esta variable. Según este estudio para el año 2005 en el Perú la GPC fue de 1.08

[25] INFORME DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDOS SÓLIDOS MUNICIPALES: http://www.redrrss.pe/material/20090121234248.pdf

kg/hab/día lo cual repercute en una generación total de residuos sólidos urbanos sobreestimada al haberse demostrado en estudios más actualizados que en el Perú la GPC es poco superior a los 0.5 kg/hab/día.

Por lo anteriormente expuesto es que se han considerado los valores de GPC dispuestos para el INGEI del año 2012 y con los cuales se ha preparado una tabla con valores de GPC según regiones y poblaciones el cual se presenta a continuación.

Tabla 18: GPC según región y población

| Rango de población | Costa | Sierra | Selva |
|---|---|---|---|
| ′ 1,999 | 0.4900 | 0.4038 | 0.5284 |
| 2,000 - 19,999 | 0.5606 | 0.4371 | 0.5378 |
| 20,000 - 49,999 | 0.5216 | 0.4913 | 0.5548 |
| 50,000 - 99,000 | 0.5500 | 0.5101 | 0.5753 |
| 100,000 - 499,999 | 0.6078 | 0.6263 | - |
| ∃500,000 | 0.5560 | - | - |

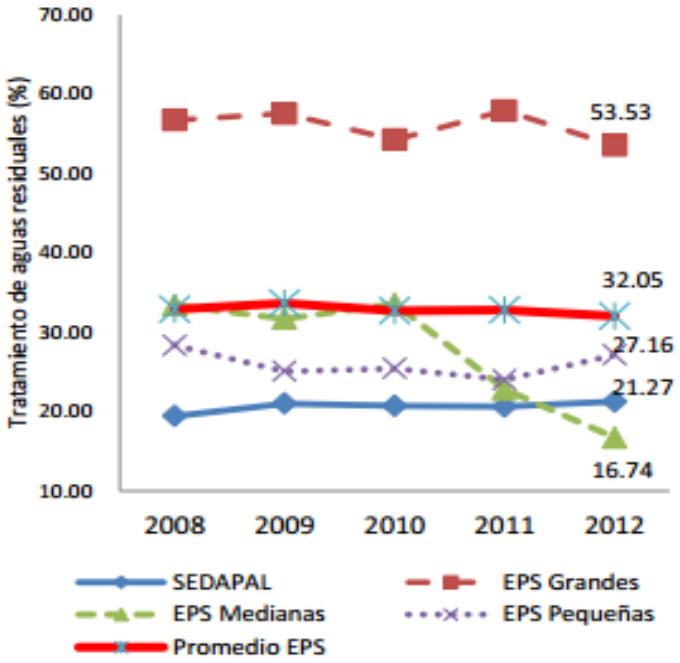
Fuente: Elaboración propia en base a INGEI 2012

**Aguas Residuales**

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

En el caso de las aguas residuales domésticas, al no encontrarse datos sobre la cantidad de aguas tratadas se recurrió a información sobre el porcentaje de tratamiento promedio de dichas aguas y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Según la información que provee la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)[26], en los últimos años se han tratado en promedio aproximadamente el 32% de las aguas residuales domésticas.

Grafico 25: Tratamiento de aguas residuales promedio

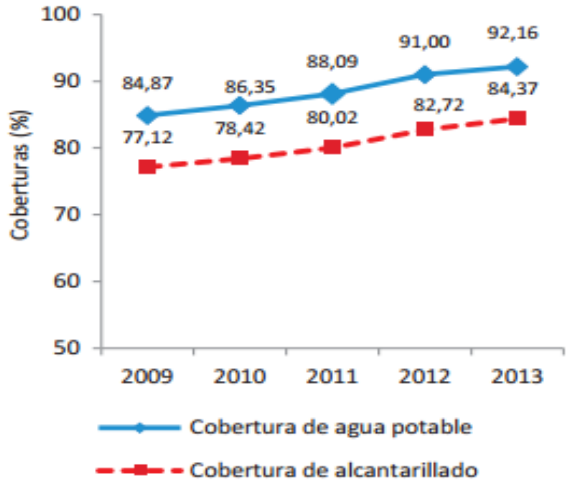



Fuente: Las EPS y su desarroll0 2013, datos 2012 (SUNASS)

[26] Las EPS y su desarrollo 2013 (Datos 2012)

Es necesario conocer además la población urbana que contó con sistema de alcantarillado en el año 2005, esta información que solo se dispone a partir del año 2009 en adelante fue estimada mediante regresión lineal, obteniéndose que para el año 2005 el 69.25% de la población contó con sistema de alcantarillado.

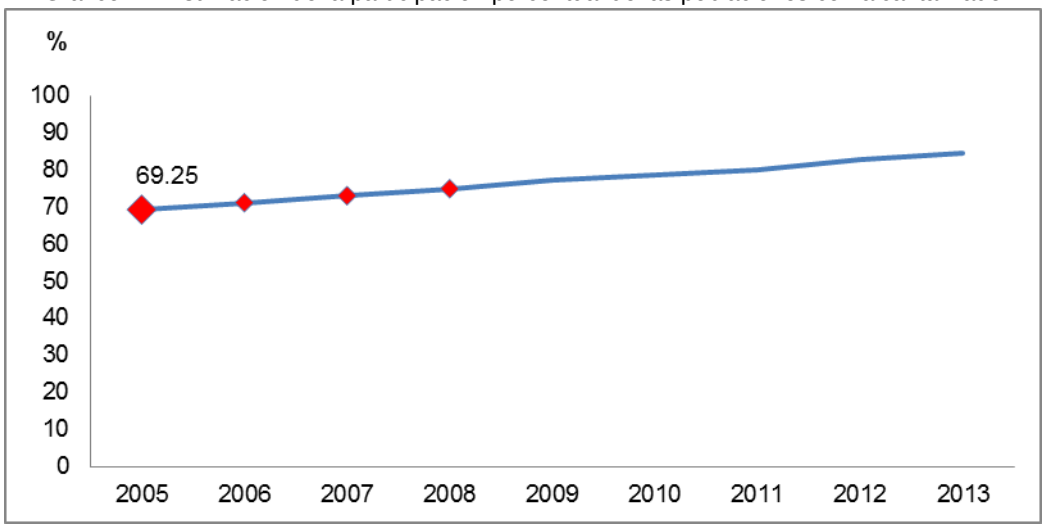
Grafico 26: Evolución de las coberturas




Fuente: Las EPS y su desarroll0 2013, datos 2012 (SUNASS)

Tal como se mencionó anteriormente, se realizaron las estimaciones para el porcentaje de la población que cuenta con sistema de alcantarillado, esta se presenta a continuación.

Grafico 27: Estimación de la participación porcentual de las poblaciones con alcantarillado




Los volúmenes de efluentes industriales tratados es una información que tampoco se dispone, en ese sentido en el presente estudio se ha considerado la producción de diversos productos considerados, los cuales se reportan en las estadísticas del Ministerio de la Producción[27].

Tabla 19: Producción 2005

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | 2005 |
|---|---|---|
| ALIMENTOS | | |
| Carne de Ave Beneficiada | TM. | 498,822.00 |
| Carne de Vacuno Beneficiada | TM. | 153,109.00 |

[27] Anuario Estadístico Industrial, MIPYME y Comercio Interno 2012

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | 2005 |
|---|---|---|
| Conservas de Pescados y Mariscos | TM. | 55,500.00 |
| Harina de Anchoveta, otras Especies y Residuos | TM. | 1,930,700.00 |
| Jugos y Refrescos Diversos | KG. | 63,327,316.50 |
| Espárragos Congelados | KG. | 6,596,000.00 |
| Conservas de Espárragos | KG. | 25,783,000.00 |
| Margarina | TM. | 16,194.00 |
| Aceites Vegetal y Compuesto | TM. | 186,297.00 |
| Leche Evaporada | TM. | 327,423.00 |
| Quesos | KG. | 6,202,457.80 |
| Yogurt | KG. | 51,151,457.40 |
| Azúcar Refinada | TM. | 695,598.30 |
| ELABORACION DE BEBIDAS | | |
| Vinos y Espumantes | LT. | 5,864,560.00 |
| Cerveza Blanca | ML.LT. | 781,110.70 |
| FABRICACION DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL | | |
| Papel Kraft y Similares | TM. | 3,862.80 |
| Papel Bond y Similares | TM. | 48,337.40 |
| Cartón Liner | TM. | 33,349.50 |
| Cartón Corrugado | TM. | 5,137.10 |
| FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS | | |
| Productos de Limpieza del Hogar | KG. | 13,592,163.40 |
| Champú | TM. | 5,079.50 |
| Detergentes | TM. | 77,135.00 |
| Jabón para Lavar Ropa | TM. | 33,291.70 |
| Jabón de Tocador | TM. | 3,305.30 |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO | | |
| Polietileno (Consumo de) | KG. | 29,808,368.60 |
| Poliestireno (Consumo de) | KG. | 1,014,303.70 |
| Polipropileno (Consumo de) | KG. | 36,883,408.60 |
| P V C (Consumo de) | KG. | 30,489,345.10 |
| Plastificantes D O P (Consumo de) | KG. | 2,052,589.00 |
| Masterbatch (Consumo de) | KG. | 989,719.90 |
| Resina PET para Envases (Consumo de) | KG. | 67,239,056.30 |

Fuente: Anuario Estadístico Industrial, MIPYME y Comercio Interno 2012

El PBI del sector manufactura al año 2005 fue 22,887 millones de soles. Este sector representó el 15.4% del PBI nacional (148,640 millones de soles).

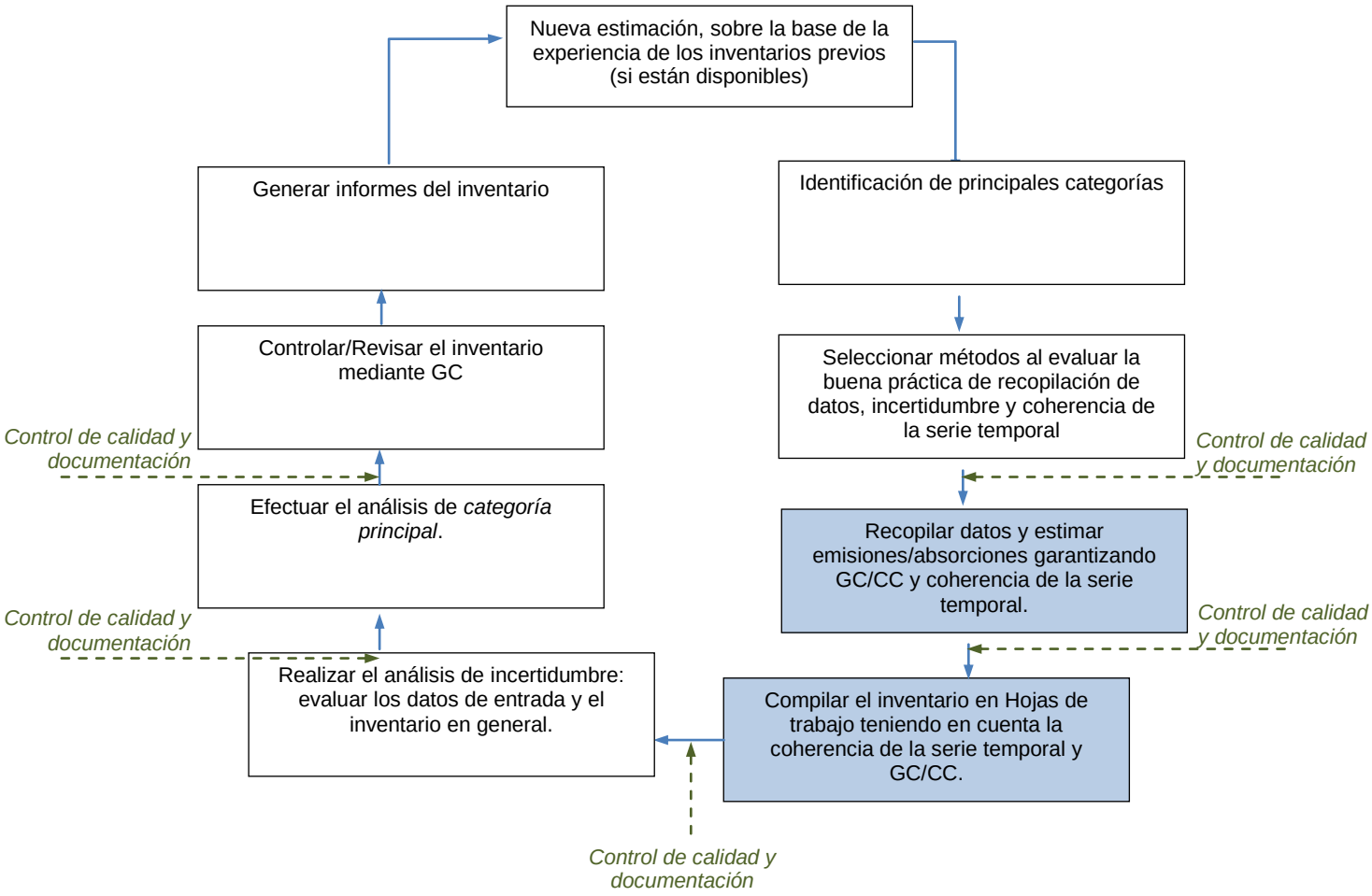
.

## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El presente INGEI año base 2005, considera el uso de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006), para los sectores de Energía y Procesos Industriales y Uso de Productos; y las GL1996 para los sectores de Agricultura, USCUSS y Desechos.

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006), recomiendan los siguientes etapas en el desarrollo de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI), adecuándolo a las circunstancias de cada país. En la siguiente gráfica se presenta el ciclo de desarrollo del INGEI 2005, según lo recomendado por el IPCC.

Gráfico 28: Ciclo de desarrollo de un inventario de emisiones de GEI




Fuente: Adaptado de GL 2006 (capítulo 1)

En los siguientes párrafos, la descripción de la metodología de trabajo se enfoca en: descripción del cómo se emiten los GEI, Elección del nivel de cálculo (presenta los niveles de cálculo y la justificación la elección del método aplicado), descripción del nivel de actividad, y los valores y variables considerados en el cálculo. Se sigue este enfoque para cada uno de los sectores del INGEI 2005.

## 4.1. Energía (fuentes estacionarias)

Las categorías, subcategorías y fuentes incluidas en el sector Energía (fuentes estacionarias), se listan en la siguiente tabla (ver descripción completa en el Anexo 02):

Tabla 20: Categorías, subcategorías y fuentes del sector energía (fuentes estacionarias)

| Codificación | | | | | Nombre | Categorización INGEI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | | | | | **Energía** | Sector |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | Categoría |
| | | 1A1 | | | Industrias de energía | Subcategoría |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad y calor como actividad principal | Fuente |
| | | | | 1A1a*i* [*1] | Generación de electricidad en el SEIN | Subfuente |
| | | | | 1A1a*ii* [*2] | Generación de electricidad en el SA | Subfuente |
| | | | 1A1b | | Refinación de petróleo | Fuente |
| | | | 1A1c | | Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas | Fuente |
| | | | | 1A1c*i* | Manufactura de combustibles sólidos | Subfuente |
| | | | | 1A1c*ii* | Otras industrias de la energía | Subfuente |
| | | 1A2 | | | Industrias de manufactura y construcción | Subcategoría |
| | | | 1A2a [*3] | | Minería y cantería | Fuente |
| | | | 1A2b [*4] | | Otras industrias de manufactura y construcción | Fuente |
| | | 1A3 | | | Transporte [*5] | Categoría especial |
| | | 1A4 | | | Otros sectores | Subcategoría |
| | | | 1A4a | | Público [*6] | Fuente |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial [*7] | Fuente |
| | | | 1A4c | | Agricultura [*8] | Fuente |
| | | | 1A4d | | Pesca [*9] | Fuente |
| | 1B | | | | **Emisiones fugitivas de combustibles** | Categoría |
| | | 1B1 | | | Combustibles sólidos | Sub categoría |
| | | | 1B1a | | Minería carbonífera y manejo de carbón | Fuente |
| | | | | 1B1a*i* | Minas subterráneas | Sub fuente |
| | | | | 1B1a*ii* | Minas de superficie [*10] | Sub fuente |
| | | 1B2 | | | Petróleo y gas natural [*11] | Sub categoría |
| | | | 1B2a | | Petróleo | Fuente |
| | | | | 1B2a*i* | Venteo | Sub fuente |
| | | | | 1B2a*ii* | Quema de antorchas | Sub fuente |
| | | | | 1B2a*iii* | Todos los demás | Sub fuente |
| | | | 1B2b | | Gas natural | Fuente |
| | | | | 1B2b*i* | Venteo | Sub fuente |
| | | | | 1B2b*ii* | Quema de antorchas | Sub fuente |
| | | | | 1B2b*iii* | Todos los demás | Sub fuente |

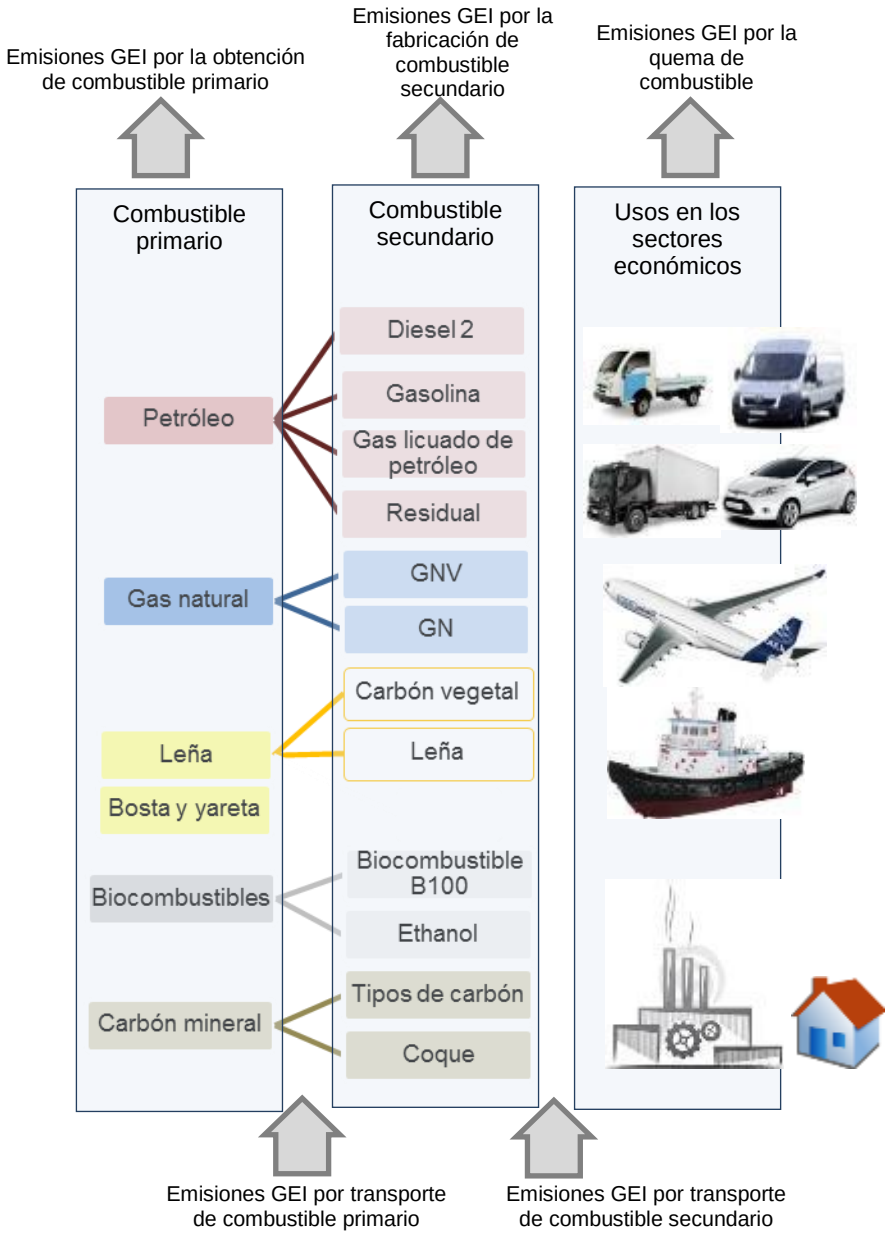
Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
| *1 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *2 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Aislado (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *3 | Se considera que "Minería y cantería", con los códigos CIIU 13 y 14 (Extracción de minerales metalíferos y Explotación de otras minas y canteras), es la misma actividad reportada por el sector minero peruano del Perú |
| *4 | Se considera el consumo de combustibles de todas las otras industrias, a excepción del sector minero peruano. |
| *5 | La categoría GL2006 dice: "Comercial / institucional", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información |

| | |
|---|---|
| | del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Público" (Institucional) |
| *6 | Si bien es una categoría del sector Energía, dada la complejidad, "Transportes" es trabajado en otro Libro de trabajo. |
| *7 | La categoría GL2006 dice: "Residencial", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Residencial / Comercial" |
| *8 | La categoría GL2006 dice para 1A4c: "Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías"; sin embargo -debido a la importancia del sector en el Perú- se ha considerado sólo como Agricultura, que en las estadísticas nacionales figura como "Agropecuario y agroindustrial" |
| *9 | Esta categoría no figura en las GL2006, fue creada, considerando la importancia del sector Pesca para el Perú. Considerando la clasificación de las GL2006, esta categoría pertenecería a 1A4c, junto con "Agricultura" |
| *8 y *9 | La categoría GL2006 dice para 1A4c: "Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías" (divisiones 01, 02 y 05 del CIIU); las categorías del INGEI 2005: 1A4c y 1A4d solo incluyen "Agricultura" y "Pesquería". No se tiene estadísticas de "Silvicultura" y "Piscicultura", por lo que no se incluyen en el INGEI 2005 |
| *10 y *11 | En el Perú no se tiene información sobre la cantidad de carbón extraída por minería subterránea y minería superficial. Las estadísticas nacionales reportan el carbón extraído por tipo: antracita y bituminoso, que son los más comercializados en el Perú.<br>De acuerdo a estudios realizados sobre explotación de carbón ("Explotación de antracita, viabilidad del yacimiento Huayday-Ambara", disponible en: www.esan.edu.pe/publicaciones/2013/10/02/gerencia_desarrollo_31_explotacion_carbon_antracita.pdf), se supone que la mayor parte de la antracita es explotada en minería subterránea. Además por información del sector se ha considerado el cabón bituminoso como subterráneo. |

Las emisiones de GEI provenientes del sector Energía han sido estimadas con las GL 2006. Puesto que el sector Energía incluye el consumo de los diferentes tipos de combustibles fósiles, desde la obtención de los combustibles primarios, la fabricación de combustibles secundarios y el consumo en todos los sectores económicos del país (industria, transporte, residencial, comercial, etc.), tal como se muestra en la siguiente gráfica:

Gráfico 29: Relación de emisiones de GEI y demanda de energía




Fuente: Elaboración propia

Las emisiones para el sector energía se agrupan en dos categorías:

- Quema de combustibles: es el uso de todos los combustibles fósiles para actividades de generación de energía en todos sus tipos (eléctrica, calórica, cinética, etc.) Esta categoría incluye la mayor variedad de subcategorías de fuentes, puesto que incluye el uso de combustibles fósiles en todos los sectores económicos:

  - ✓ Industrias de la energía: quema de combustible para actividades como: refinación de petróleo, energía eléctrica, y obtención de combustibles sólidos (carbón vegetal, briquetas y otros).

- ✓ Industrias de la manufactura y la construcción: incluye las emisiones de GEI generadas por el uso de combustible en la industria, es decir actividades de obtención de productos diversos como: cemento, cal, bebidas, alimentos para consumo humano, alimentos para animales, etc.
- ✓ Público: emisiones de GEI por el consumo de combustible en el sector estatal del país, sea en edificios de gobierno, como en actividades de construcción desarrolladas por el Estado (construcción de carreteras, hospitales, puentes, etc.)
- ✓ Residencial y comercial: emisiones generadas por el consumo de combustible en los hogares y en el sector comercio (hoteles, instalaciones comerciales, etc.)
- ✓ Agricultura: emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en el sector agricultura, en actividades como siembra, cosecha, riego y actividades agropecuarias.
- ✓ Pesca: emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles en actividades *del sector pesquero, tanto en embarcaciones, como en fuentes fijas del sector pesca.*
- ✓ Minería: agrupa las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible en el sector minero, tanto en la exploración, explotación, refinación y producción de algunos productos a partir de minerales.
- ✓ Otras Industrias de la Energía: Emisiones de la quema que emanan del uso de energía de las industrias energéticas en sus propios sitios, no mencionadas anteriormente o para las que no hay datos disponibles por separado. Incluye las emisiones procedentes del uso de la energía propia para la producción de carbón vegetal, bagazo, aserrín, tallos de planta de algodón y carbonización de biocombustibles, como así también combustible usado para minería de carbón, extracción de petróleo y gas y el procesamiento y la refinación del gas natural.

- Emisiones fugitivas: provenientes de la fabricación de combustibles: son las emisiones de GEI generadas por la obtención de combustibles primarios y la fabricación de combustibles secundarios. En esta categoría se identifican las sub categorías: petróleo, gas natural y carbón mineral.

En el sector energía se contabilizan tres gases de efecto invernadero:

Tabla 21: Gases de efecto invernadero considerados en el sector Energía

| **Gases de Efecto Invernadero** | **Descripción para el sector Energía** | **PCA** (Potencial de Calentamiento Atmosférico) |
|---|---|---|
| Dióxido de carbono ($CO_2$) | Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles fósiles. | 1 |
| Metano ($CH_4$) | Gas emitido en la minería de carbón, y en menor proporción al $CO_2$ en la quema de combustibles. | 21 |
| Óxido nitroso ($N_2O$) | Gas emitido en la minería de carbón, y en menor proporción al $CO_2$ y al $CH_4$ en la quema de combustibles. | 310 |

Fuente: Segundo Reporte del IPCC

Nota: en la elección del nivel de cálculo de algunas fuentes se pregunta, en el árbol de decisión, si la fuente es una “categoría principal”. Una categoría principal es aquella que en la serie de tiempo (análisis de resultados de varios años de INGEI) se reporta con mayores emisiones en el año. Las categorías principales son establecidas como resultado de este análisis de serie de tiempo.

### 5.1.1 Quema de combustibles

Esta categoría considera todas las fuentes en las subcategorías (para fuentes fijas):

- *1A1: Industrias de energía*
- *1A2: Industrias manufactureras y de la construcción*
- *1A4: Otros sectores*
    - *Público*
    - *Residencial / Comercial*
    - *Agricultura*
    - *Pesquería*

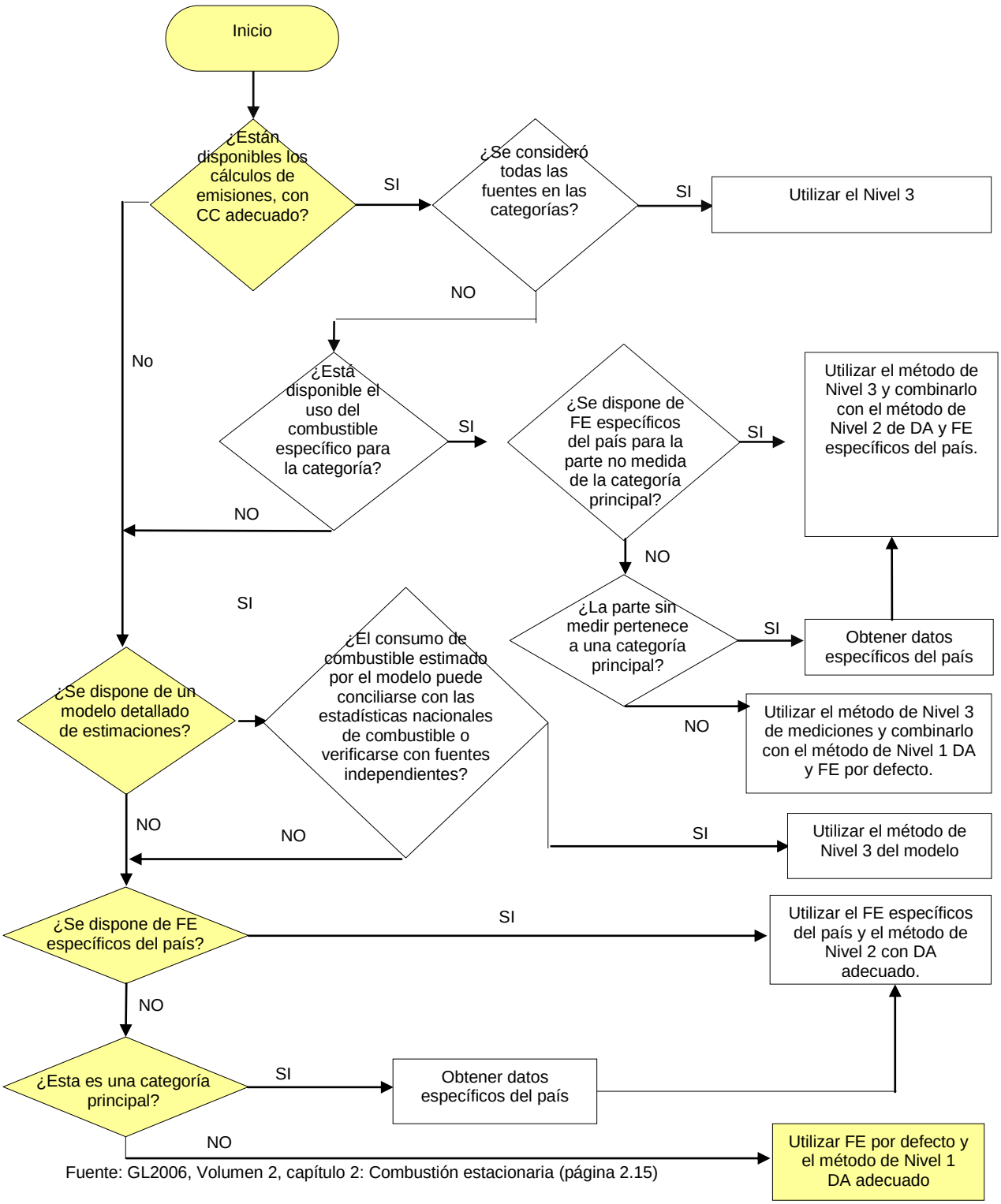
#### 5.1.1.1 Elección del nivel de cálculo

En esta categoría, las GL2006 recomiendan tres niveles de cálculo, cuyas características se describen en el siguiente listado:

- Nivel 1: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía y de los factores por defecto de emisión
- Nivel 2: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía, junto con los factores de emisión específicos del país, en lo posible, derivados de las características nacionales del combustible.
- Nivel 3: estadísticas del combustible y datos relativos a las tecnologías de combustión aplicados juntamente con los factores de emisión específicos de la tecnología; incluye el uso de modelos y datos de las emisiones del nivel de las instalaciones, si están disponibles.

El nivel de cálculo se selecciona de acuerdo al siguiente diagrama de decisión:

Gráfico 30: Diagrama de decisión para fuentes estacionarias en Energía




Fuente: GL2006, Volumen 2, capítulo 2: Combustión estacionaria (página 2.15)

Leyenda
CC: Control de calidad
DA: Datos del nivel de actividad
FE: factores de emisión

Nota: una categoría principal es la fuente que reporta mayores emisiones de GEI en un INGEI.

De acuerdo al árbol de decisión, el método seleccionado sería el Nivel 1, este requiere para cada una de las fuentes (generación de energía eléctrica, obtención de combustibles, industria, residencial, comercial, pesca, etc.) [(28)]:

- Cantidad de combustible quemado en cada una de las fuentes incluidas.
- Factor de emisión por defecto, para cada uno de los GEI incluidos en el sector: $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$

Las ecuaciones aplicadas par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, son los siguientes:

*Ecuación 1: emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria*

$$Emisiones_{GEI,\ combustible} = Consumo\ combustible_{combustible} \bullet Factor\ de\ emisión_{GEI,\ combustible}$$

GL2006 –volumen 2: Energía, pág. 2.11

Dónde:

$Emisiones_{GEI,\ combustible}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero por tipo de combustible (kg GEI)

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

$Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible ($kg_{GEI}$/TJ)

Para calcular el total de emisiones por gas de la categoría de fuente, se suman las emisiones calculadas en la ecuación 1 para todos los combustibles:

*Ecuación 2: Total de emisiones por Gas de Efecto Invernadero*

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustible} Emisiones_{GEI,\ combustible}$$

GL2006 –volumen 2: Energía, pág. 2.12

### 5.1.1.2 Descripción del nivel de actividad

Las cantidades de dióxido carbono se calculan a partir de los datos de consumo del combustible y el contenido de carbono de los combustibles, tomando en cuenta la fracción de carbono sin oxidar. Las cantidades de gases de efecto invernadero no $CO_2$ ($CH_4$ y $N_2O$), formados durante la combustión, dependen de la tecnología de combustión utilizada y por ello se necesitaría de estadísticas detalladas sobre la tecnología de quema de combustible para estimar con rigurosidad las emisiones de los gases de efecto invernadero no $CO_2$; sin embargo, ante la falta de información, el Nivel 1 de cálculo recomienda usar valores por defecto.

La cantidad y los tipos de combustible quemados se obtienen a partir de una de las fuentes de información o de una combinación de ellas, como se mencionan a continuación:

- Organismos de estadísticas nacionales de energía (estos organismos pueden recopilar datos sobre la cantidad y los tipos de combustibles quemado por cada empresa que consume combustible).

[(28)] Es preciso señalar, que la emisión correspondiente al sector transporte, serán analizadas en el siguiente capítulo dada a la relevancia en las emisiones generadas por dicho sector.

- Informes provistos por las empresas a los organismos de estadísticas nacionales de energía (estos informes tienden a ser producidos por los operadores o propietarios de grandes plantas de combustión).
- Informes provistos por las empresas a los organismos regulatorios (por ejemplo, los informes creados para demostrar de qué forma las empresas respetan las normas de control de las emisiones).
- Sondeos periódicos, efectuados por los organismos de estadísticas, de los tipos y las cantidades de combustibles consumidos por una muestra de empresas.
- Proveedores de combustibles (que puedan registrar las cantidades de combustibles entregadas a sus clientes y también la identidad de los clientes, en general como código de la actividad económica.

Los datos de la actividad usados en el método de nivel 1 para la quema de combustible en el sector de la Energía (fuentes estacionarias) se derivan de las estadísticas de energía, tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 22: Nivel de Actividad para quema de combustible en fuentes estacionarias

| Codificación | | | | | Nombre | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de la información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | | | | | **Energía** | | | |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | | | |
| | | 1A1 | | | Industrias de energía | | | |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad y calor como actividad principal | | | |
| | | | | 1A1a*i* | Generación de electricidad en el SEIN | Consumo de combustible por tipo | ▪ Anuario 2005 de MINEM. | |
| | | | | 1A1a*ii* | Generación de electricidad en el SA | | | |
| | | | 1A1b | | Refinación de petróleo | | ▪ Anuarios 2005 de Perupetro | |
| | | | 1A1c | | Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas | | | |
| | | | | 1A1c*i* | Manufactura de combustibles sólidos | Consumo de combustible por tipo | ▪ Balance Nacional de Energía (BNE) - 2005 | |
| | | | | 1A1c*ii* | Otras industrias de la energía | | ▪ Anuario 2005 de MINEM. | |
| | | 1A2 | | | Industrias de manufactura y construcción | | | |
| | | | 1A2a | | Minería y cantería | Consumo de combustible por tipo | ▪ Balance Nacional de Energía (BNE) - 2005 | |
| | | | 1A2b | | Otras industrias de manufactura y construcción | | | |
| | | 1A3 | | | Transporte | | | |
| | | 1A4 | | | Otros sectores | | | |
| | | | 1A4a | | Público | Consumo de combustible por tipo | ▪ Balance Nacional de Energía (BNE) - 2005. | |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial | | | |
| | | | 1A4c | | Agricultura | | | |
| | | | 1A4d | | Pesca | | | |

Leyenda de Calidad de la información:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Fuente: Elaboración propia

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

- ✓ Industrias de la energía: La información debe contener la cantidad de quema de combustible para actividades como: refinación de petróleo, energía eléctrica, y obtención de combustibles sólidos (carbón vegetal, briquetas y otros).
  Los consumos de generación de energía para la red pública o para uso propio, se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 23: Consumo de combustible por tipo, en los sistemas de generación pública eléctrica del país

| Tipo de combustible | | SEIN | SA | Unidad |
|---|---|---|---|---|
| Código | Nombre | | | |
| D2 | Diésel 2 | 5,483,600.49 | 5,141,161.40 | gal |
| GN | Gas natural | 1,221,036,718.00 | - | m3 |
| RQ | Residual 500 | 10,368,767.00 | - | gal |
| R6 | Residual 6 | 11,418,446.27 | 4,714,910.74 | gal |
| BZ | Bagazo | - | - | t |
| CA | Carbón | - | - | t |

Fuente: Elaboración propia, a partir del Anuario Eléctrico (MINEM 2002) (página 185, tablas 6.1 y 7.1)

Tabla 24: Consumo de combustible por tipo, en generación de energía para consumo propio

| Codificación INGEI | Nombre de combustible → | Biodiésel 5 | Gas natural | Residual 6 |
|---|---|---|---|---|
| | Código de combustible → | D2 | GN | R6 |
| | Unidades → | Galones (gal) | Metros cúbicos ($m^3$) | Galones (gal) |
| | Descripción de actividad ↓ | | | |
| 1A1b | Refinerias (*) | 591,465.00 | 66,000,000.00 | - |
| 1A1c*ii* | Gas natural (PLNG) | - | | - |
| | Aguaytia Energy del Perú S.R.L. | 1,363,823.00 | | - |
| | Biocombustible | 117,621.00 | | - |
| | Pluspetrol Perú Corporation S.A. | 1,116,253.23 | | - |

Leyenda de color:

| | |
|---|---|
| | Refinerías |
| | Empresas procesadoras de gas natural |
| | Biocombustibles |
| | Empresas petroleras |

Fuente: Elaboración propia, a partir del Anuario Eléctrico (MINEM 2012) (página 186, tablas 6.1.2)

- ✓ Industrias de la manufactura y la construcción: incluye la cantidad de combustible en la industria, es decir actividades de obtención de productos diversos como: cemento, cal, bebidas, alimentos para consumo humano, alimentos para animales, etc. La información del nivel de actividad corresponde al sector Industrial en el BNE 2005.
- ✓ Público: la información debe contener la cantidad de consumo de combustible en el sector estatal del país, sea en edificios de gobierno, como en actividades de construcción desarrolladas por el Estado (construcción de carreteras, hospitales, puentes, etc.). La información del nivel de actividad corresponde a los consumos de combustible en el sector Público del BNE 2005.
- ✓ Residencial y comercial: La información debe contener la cantidad de consumo de combustible en los hogares y en el sector comercio (hoteles, instalaciones

comerciales, etc.). La información del nivel de actividad corresponde al consumo de combustibles en el sector Residencial / Comercial del BNE 2005.

- ✓ Agricultura: La información debe contener la cantidad de consumo de combustible en el sector agricultura, en actividades como siembra, cosecha, riego y actividades agropecuarias. La información del nivel de actividad corresponde al consumo de combustible del sector Agropecuario y Agroindustrial, en el BNE 2005.
- ✓ Pesca: La información debe contener el consumo de combustibles en actividades del sector pesquero, tanto en embarcaciones, como en fuentes fijas del sector pesca. La información del nivel de actividad de actividad corresponde al sector Pesquero en el BNE 2005.
- ✓ Minería: la información debe contener la cantidad de consumo de combustible en el sector minero, tanto en la exploración, explotación, refinación y producción de algunos productos a partir de minerales. La información corresponde al sector Minería y metalurgia, en el BNE 2005.

Los consumos de combustible, en cada uno de los sectores económicos del país, se resumen en la siguiente tabla (en TJ)

Tabla 25: Consumo de combustible (TJ) por tipo, en sectores económicos del Perú

| Equivalencia INGEI 2005: | | Residencial/ Comercial (1A4b) *1 | Público (1A4a) *2 | Agricultura (1A4c) *3 | Pesquería (1A4d) *4 | Minería (1A2a) *5 | Industrias manufactureras y de la construcción (1A2b) *6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Denominación en el BNE: | Tipo de combustible | Residencial/ Comercial | Público | Agropecuario - agroindustrial | Pesca | Minero-metalúrgico | Industria |
| | Bagazo | | | 2,425.0 | | | 50.0 |
| | Carbón mineral | - | | 4.0 | 211.0 | 2,681.0 | 19,147.0 |
| | Leña | 81,268.0 | | 111.0 | - | | 38.0 |
| | Bosta/Yareta | 10,368.0 | | | - | | |
| | Coque | | | | | 1,260.0 | |
| | Carbón vegetal | 2,280.0 | | | - | | - |
| | GLP | 22,267.0 | 45.0 | 12.0 | 25.0 | 649.0 | 6,882.0 |
| | Gasohol | | | | | | |
| | Gasolina motor | 7.0 | 4,908.0 | 529.0 | 18.0 | 57.0 | 476.0 |
| | Turbo | | | | | | |
| | Kerosene | 5,084.0 | 2,735.0 | 3.0 | 115.0 | 927.0 | 321.0 |
| | Biodiesel 5 | 214.0 | 1,004.0 | 366.0 | 1,372.0 | 10,460.0 | 9,093.0 |
| | Petróleo industrial | 129.0 | 106.0 | 547.0 | 11,216.0 | 9,121.0 | 30,450.0 |
| | Gas industrial | | | - | - | - | 5,642.0 |
| | Gas natural | 41.0 | | - | 409.0 | 248.0 | 1,494.0 |
| | Solar | 121.0 | - | - | - | | |

Leyenda:

| | |
|---|---|
| | No se reportan consumos |
| valor | Se consideran para emisiones informativas o no es una fuente de emisión |

Notas:

*1 1A4b en las GL2006 hacen referencia a las emisiones en el sector "Residencial", sin embargo -de acuerdo a la información en el BNE2012- en el INGEI2012 se reporta junto con "Comercial"

*2 1A4a en las GL2006 hacen referencia a las emisiones en el sector "Comercial / Institucional", sin embargo -de acuerdo a la información en el BNE2012- en el INGEI2012 se reporta solo "Público" (Institucional)

*3 1A4c en las GL2006 hacen referencia al sector "Agricultura, silvicultura, pesca y piscifactorías"; sin embargo en el INGEI 2005 solo se refiere a "Agricultura" (agropecuario y agrícola)

*4 1A4d en las GL2006 no existe; sin embargo en el INGEI 2005 se refiere a "Pesca" (fuentes estacionarias y móviles)

*5 1A2a en las GL2006 hacen referencia a "Hierro y acero"; y en el INGEI2012 se considera al sector Minero

*6 1A2b en las GL2006 hacen referencia a "Metales no ferrosos"; y en el INGEI2012 se considera a todo el sector industrial, excepto el sector Minero

Fuente: Elaboración propia, basada en BNE2012 (página 118, tabla 2-8)

### 5.1.1.3 Variables y constantes

Para el cálculo de las estimaciones de GEI, en las categorías de Quema de Combustible, es necesario considerar las propiedades de los combustibles comercializados en el Perú, principalmente el Valor Calorífico Neto (VCN), las densidades de los combustibles y sus combinaciones.

Para ello se cuenta con valores de VCN, densidad y combinaciones – por defecto o locales – para llevar las cantidades de combustible en masa o volumen (expresadas en toneladas, galones, litros o metros cúbicos) a unidades de energía (expresadas en TJ)

A continuación se presentan las densidades, VCN y factores de emisión, usadas en el INGEI 2005:

Tabla 26: VCN de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía

| Tipo de combustible | VCN por defecto | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Gas natural | 48.0 | TJ/Gg | Valor por defecto de las GL 2006 - Capítulo 1: Introducción, pág. 1.19, cuadro 1.2 |
| Queroseno | 43.8 | TJ/Gg | |
| Petróleo industrial 500 | 40.72 | TJ/Gg | |
| Petróleo industrial 6 | 41.03 | TJ/Gg | Estimación de datos de REPSOL y densidad de norma ASTM-D- 287 |
| Gasolina | 44.24 | TJ/Gg | Carta formal del MINEM |
| Gas Licuado de Petróleo | 49.37 | TJ/Gg | REPSOL, disponible en: http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ |
| Bagazo y otra Biomasa | 11.60 | TJ/Gg | Valor por defecto de las GL 2006 - Capítulo 1: Introducción, pág. 1.20, cuadro 1.2. |
| Diésel D2 | 43 | TJ/Gg | |
| Carbón Vegetal | 29.50 | TJ/Gg | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Densidades de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía

| Tipo de combustible | Densidad | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Gas natural | 0.0007434 | $g/cm^3$ | http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/52.pdf |
| Petróleo industrial 500 | 0.98 | $g/cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino (ver PDF de Seguridad) |
| Petróleo industrial 6 | 0.97 | $g/cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino (ver PDF de Seguridad) |
| Gas Licuado de Petróleo | 0.56 | $g/cm^3$ | |
| Diesel 2 | 0.87 | $g/cm^3$ | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Factores de emisión de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía

| Tipo de combustible | FE | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Gas natural | 56,100 | $kgCO_2/TJ$ | Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17 |
| Queroseno | 71,900 | $kgCO_2/TJ$ | |
| Petróleo industrial 500 | 73,300 | $kgCO_2/TJ$ | |
| Petróleo industrial 6 | 73,300 | $kgCO_2/TJ$ | |

| Tipo de combustible | FE | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Gasolina | 69,300 | $kgCO_2/TJ$ | Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17 |
| Gas Licuado de Petróleo | 63,100 | $kgCO_2/TJ$ | |
| Bagazo y otra Biomasa | 100,000 | $kgCO_2/TJ$ | |
| Diésel D2 | 74,100 | $kgCO_2/TJ$ | |
| Carbón Vegetal | 112,000 | $kgCO_2/TJ$ | Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17 |

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Emisiones Fugitivas

Esta categoría comprende las emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles, específicamente por la obtención de combustibles primarios y la fabricación de combustibles secundarios. En esta categoría se identifican las sub categorías: carbón mineral, petróleo y gas natural.

- Combustibles sólidos: se estiman las emisiones por la explotación de minas de carbón mineral. Al ser removida la roca, con la finalidad de obtener carbón mineral, el metano -y en menor proporción dióxido de carbono- son liberados a la atmósfera. La estimación en Perú considera como nivel de actividad la cantidad de carbón mineral explotado.
- Petróleo y gas natural: en las actividades para obtener petróleo y gas natural es muy común la liberación de metano –y en menor cantidad dióxido de carbono- a la atmósfera. La liberación de estos gases se presenta en varias formas: venteo, quema de antorcha o fugas no intencionadas en las uniones y válvulas. Las estimaciones en Perú consideran las emisiones por venteo y quema de antorcha, tanto en las actividades de petróleo como de gas natural.

#### 5.1.2.1 Elección del nivel de cálculo

**Combustibles sólidos**

En la minería, las emisiones de los gases de efecto invernadero suelen dispersarse por secciones de la mina y se les considera preferiblemente fuentes por superficie. Estas emisiones provienen de los gases que escapan por las grietas, que se emiten por procesos de arranque del carbón y sobrecarga, por oxidación a baja temperatura del carbón de desecho o carbón de baja calidad en vertederos y por combustión no controlada[29].

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

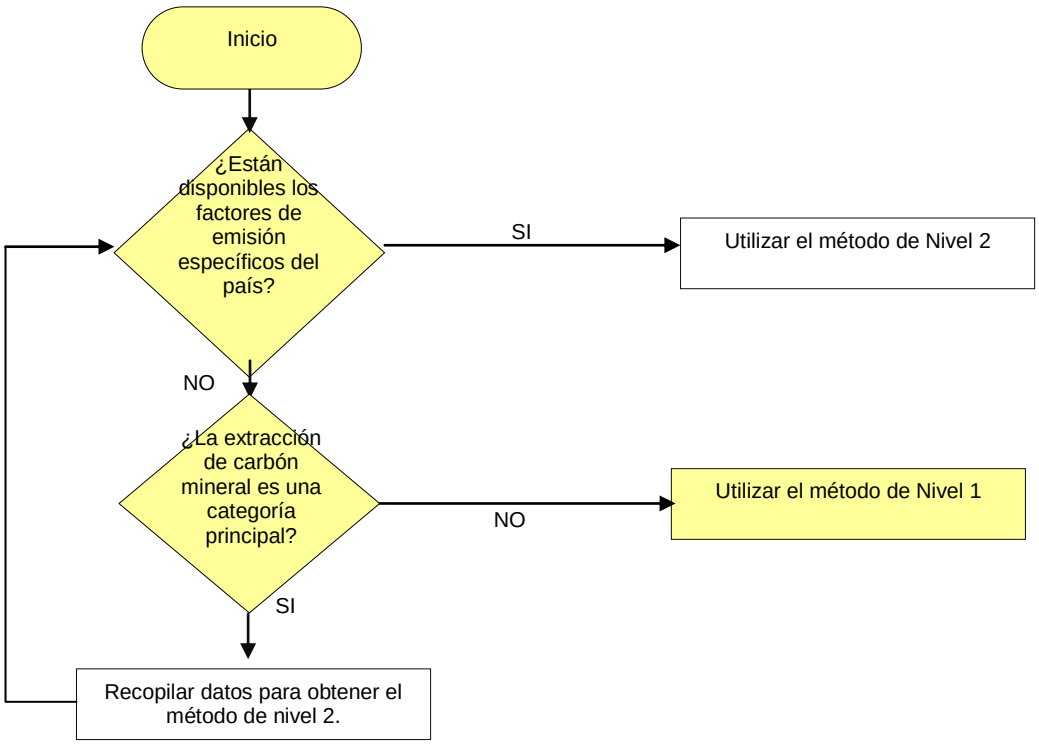
- Nivel 1: exige que los países elijan de un rango promedio general de factores de emisión y utilicen los datos de la actividad específicos del país para calcular el total de emisiones.
- Nivel 2: emplea de factores de emisión específicos del país o de la cuenca, que representan los valores promedio para el carbón que se extrae.

[29] Descripción en GL 2006

- Nivel 3: utiliza mediciones directas sobre una base específica de la mina, y si se aplica correctamente, presenta el nivel más bajo de incertidumbre.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar el nivel de cálculo para las emisiones por explotación de carbón mineral:

Gráfico 31: Árbol de decisión para la extracción de carbón mineral




Fuente: GL2006, Volumen 2, capítulo 4: Emisiones fugitivas (página 4.18)

Analizando el árbol de decisiones para la extracción de carbón y de acuerdo con la información recopilada para el 2012, se aplicara una estimación de emisión de Nivel 1.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación 3: Método de promedio global – Minas terrestres*

*Emisiones de metano = Factor de emisión de$CH_4$* **x** *producción de carbón Terrestre x Factor de conversión*

Directrices del IPCC de 2006 –volumen 2: Energía, pág. 4.18

Donde las unidades son:

Emisiones de metano (Gg año$^{-1)}$

Factor de emisión de $CH_4$ ($m_3$tonelada$^{-1}$)

Producción de carbón terrestre (tonelada año$^{-1}$)

Factor de emisión de $CH_4$ promedio = 1,2 $m^3$tonelada$^{-1}$

*Notas*:

El Factor de conversión: es la densidad del metano (CH4) y convierte el volumen de CH4 en la masa de CH4.Se toma la densidad a 20 ºC y una presión de una atmosfera y tiene un valor de 0,67 x 10-6) Ggm$^{-3}$

Se debe utilizar el factor de emisión promedio, a menos que existan pruebas específicas del país que respalden el uso del factor de emisión alto o bajo.

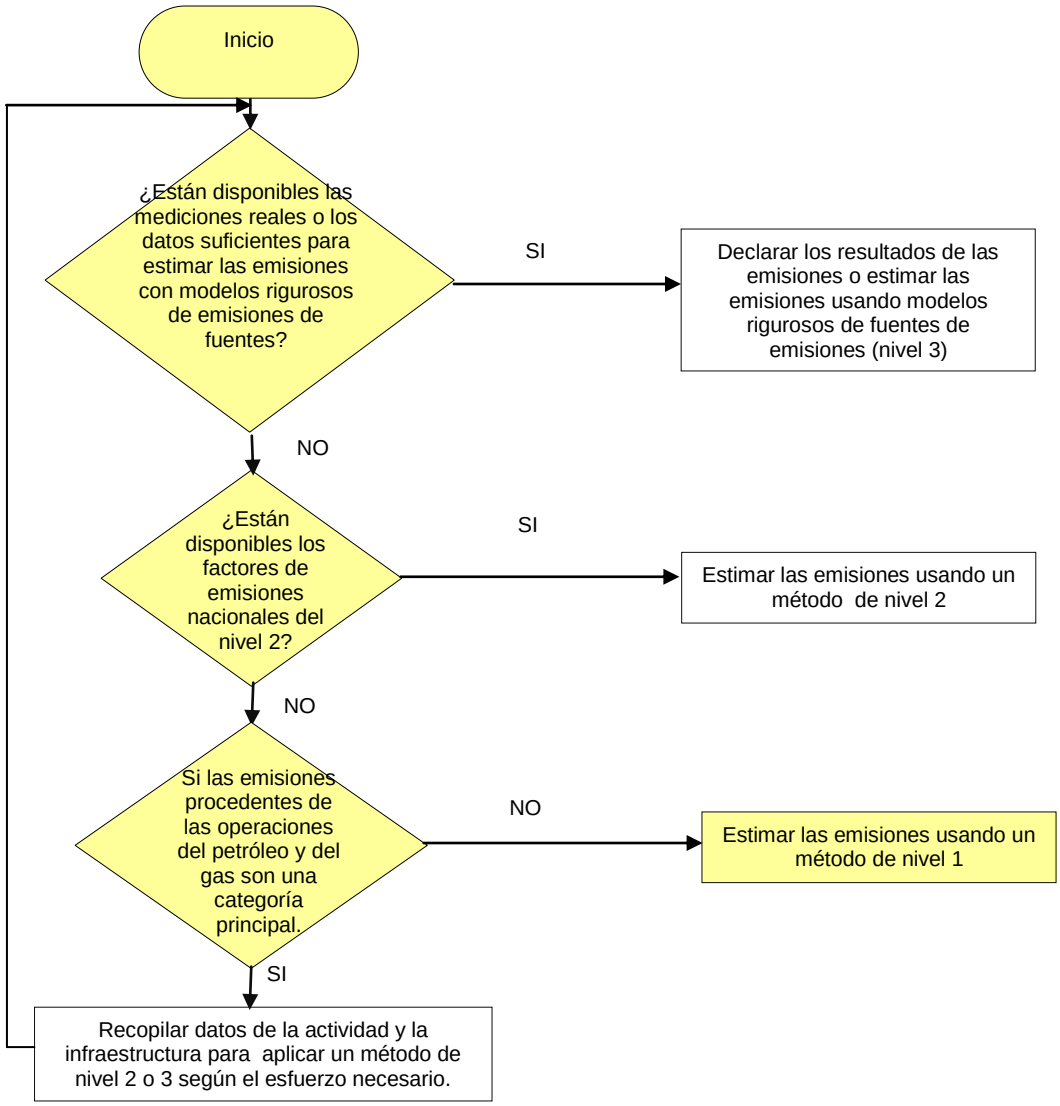
**Petróleo y gas natural**

Entre las fuentes de emisiones fugitivas relativas a los sistemas de petróleo y gas se incluyen: las fugas de los equipos, la evaporación y las pérdidas por descarga, el venteo, la quema en antorcha, la incineración y las liberaciones accidentales (excavaciones en los ductos, fugas de pozo y derrames). Mientras que algunas de estas fuentes de emisiones son tecnológicas o intencionales (venteo de tanque, sello y proceso y sistemas de quema en antorcha) y, por lo tanto, están caracterizadas relativamente bien, la cantidad y composición de las emisiones suelen estar sujetas a una incertidumbre significativa. Los niveles de cálculo para esta fuente se describen en el siguiente párrafo:

- Nivel 1: Comprende la aplicación de los factores de emisión por defecto correspondientes a un parámetro de la actividad representativo (normalmente la producción) para cada segmento o subcategoría aplicable de la industria del petróleo y gas natural del país, y se debe usar únicamente para las fuentes no principales.
- Nivel 2: Consiste en utilizar los factores de emisión específicos del país en vez de factores por defecto.
- Nivel 3: Comprende la aplicación de una evaluación rigurosa de abajo hacia arriba por tipo primario de fuente (por ejemplo: venteo, quema en antorcha, escapes fugitivos del equipo, pérdidas por evaporación y liberaciones accidentales) en el nivel de cada planta, con la justificación adecuada de los aportes procedentes de las instalaciones temporarias y menores de yacimientos o sitios de pozos.

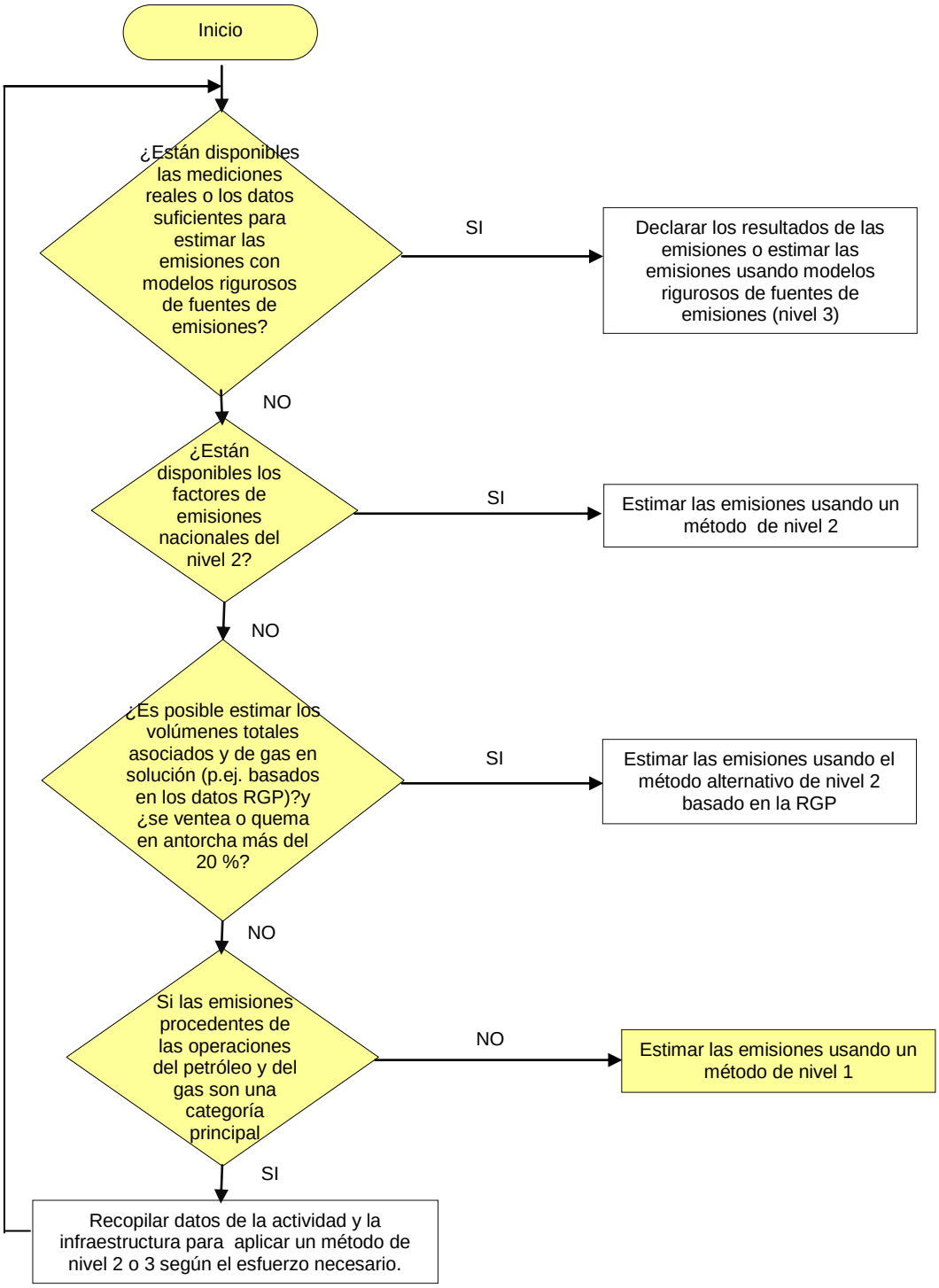
El nivel de cálculo se elige de acuerdo al siguiente árbol de decisión:

Gráfico 32: Árbol de decisión para los sistemas de gas natural




Fuente: GL2006, Volumen 2, capítulo 4: Combustión estacionaria (página 4.38)

Gráfico 33: Árbol de decisión para la producción de petróleo crudo




Fuente: GL2006, Volumen 2, capítulo 4: Combustión estacionaria (página 4.39)

Analizando el árbol de decisiones y de acuerdo a la información que se ha obtenido para el 2005, para el cálculo de las emisiones por fugas se aplicara el nivel 1. Este comprende la aplicación de los factores de emisión por defecto correspondientes a un parámetro de la actividad representativo (normalmente la producción) para cada segmento o subcategoría aplicable de la industria del petróleo

y gas natural del país, debe ser únicamente para las fuentes no principales. Se aplica un método de Nivel 1 con las siguientes ecuaciones:

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación 4: Estimación de las emisiones Fugitivas procedentes de un segmento de la Industria*

$$E_{gas,\ segmento\ de\ la\ industria} = A_{segmento\ de\ la\ industria} \bullet EF_{gas\ segmento\ de\ la\ industria}$$

Directrices del IPCC de 2006 –volumen 2: Energía, pág. 4.41

*Ecuación 5: Total de emisiones Fugitivas procedentes de los segmento de la Industria*

$$E_{gas} = \sum_{segmentodelaindustria} E_{gas,segmentodelaindustria}$$

Directrices del IPCC de 2006 –volumen 2: Energía, pág. 4.41

Dónde:

| | |
|---|---|
| $E_{gas,\ segmento\ de\ la\ industria}$ | = Emisiones anuales (Gg) |
| $EF_{gas,\ segmento\ de\ la\ industria}$ | = Factor de emisión (Gg/unidad de actividad) |
| $A_{segmento\ de\ la\ industria}$ | = Valor de la actividad (unidades de actividad) |

Nota:

Los segmentos de la industria que deben considerarse son los siguientes: perforación de pozos, prueba de pozos, producción de gas, transmisión de gas, producción de petróleo, refinación de petróleo, distribución de productos refinados.

### 5.1.2.2 Descripción del nivel de actividad

Las emisiones fugitivas por la fabricación de combustibles incluyen las emisiones de metano o dióxido de carbono, por la explotación de yacimientos petroleros, de gas natural o minas de carbón.

**Combustibles sólidos**

Como se menciona en las GL2006: en la explotación de minas de carbón, las emisiones de los gases de efecto invernadero suelen dispersarse por secciones de la mina y se las considera preferiblemente fuentes por superficie.

De acuerdo al Nivel 1 de cálculo, la información debe contener la cantidad de carbón extraído de las minas a tajo abierto.

**Petróleo y gas natural**

En las actividades para obtener petróleo y gas natural es muy común la liberación de metano –y en menor cantidad dióxido de carbono- a la atmósfera. La liberación de estos gases se presenta en varias formas: venteo, quema de antorcha o fugas no intencionadas en las uniones y válvulas. Las estimaciones de emisiones en Perú consideran las emisiones por venteo y quema de antorcha, tanto en las actividades de petróleo como de gas natural.

De acuerdo al Nivel 1 de cálculo, la información debe incluir los datos de venteo, fugas de equipos, perdidas por evaporación quema en antorcha, producción de petróleo y gas, número de pozos, numero de pozos activos, numero de pozos perforados y balance de gas natural vuelos a nivel nacional.

En la siguiente tabla se resume el nivel de actividad para cada una de las fuentes, en la categoría de Emisiones Fugitivas.

Tabla 29: Nivel de actividad en la categoría de emisiones fugitivas

| Codificación | | | | | Nombre | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de la información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | **Energía** | | | |
| | 1B | | | | **Emisiones fugitivas de combustibles** | | | |
| | | 1B1 | | | Combustibles sólidos | | | |
| | | | 1B1a | | Minería carbonífera y manejo de carbón | | | |
| | | | | 1B1a*i* | Minas subterráneas | Cantidad de carbón, por tipo de mina: subterránea o de superficie | Anuario 2005 de MINEM. | |
| | | | | 1B1a*ii* | Minas de superficie | | | |
| | | 1B2 | | | Petróleo y gas natural | | | |
| | | | 1B2a | | Petróleo | | | |
| | | | | 1B2a*i* | Venteo | - Cantidad de pozos nuevos perforados<br>- Cantidad de pozos en prueba<br>- Cantidad de pozos en producción | Anuarios 2005 de Perupetro | |
| | | | | 1B2a*ii* | Quema de antorchas | | | |
| | | | | 1B2a*iii* | Todos los demás | Cantidad de petróleo crudo | | |
| | | | 1B2b | | Gas natural | | | |
| | | | | 1B2b*i* | Venteo | Cantidad de gas natural venteado | Balance Nacional de Energía (BNE) – 2005. | |
| | | | | 1B2b*ii* | Quema de antorchas | Cantidad de gas natural quemado | | |
| | | | | 1B2b*iii* | Todos los demás | - Cantidad de gas distribuido<br>- Cantidad de gas usado en los sectores económicos del país | Anuarios 2005 de Perupetro | |

Leyenda de Calidad:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se resume la producción de petróleo crudo y gas natural, según las estadísticas de Perupetro:

Tabla 30: Producción de petróleo crudo por ubicación en Perú

| Ubicación | Producción [Bls] |
|---|---|
| Nor-oeste | 7,071,074 |
| Zócalo | 3,921,643 |
| Selva Norte | 16,402,616 |
| Selva central | 1,496,023 |
| Selva sur | 11,731,222 |
| **Total Perú 2005** | 40,622,578.00 |

Fuente: Elaboración propia, basada en Anuario Perupetro 2005

Tabla 31: Producción de gas natural por lote en Perú

| Lote | Producción [MSCF] |
|---|---|
| I | 941,119.00 |
| II | 1,176,596.00 |

| Lote | Producción [MSCF] |
|---|---|
| VII / VI | 417,878.90 |
| X | 3,664,252.00 |
| XIII | 3,720,931.12 |
| Z-2B | 28,440,805.07 |
| 88 | 15,205,536.00 |
| 31-C | 941,119.00 |
| **Total Perú 2005** | **53,567,118.09** |

Fuente: Elaboración propia, basada en Anuario Perupetro 2005

Para el caso de la extracción del carbón, el MINEM reporta dos tipos de carbón, tal como se reporta en la siguiente tabla. Sin embargo, para estimar las emisiones de GEI se considera el carbón antracita y bituminoso provienen de minas subterráneas (según información de especialista del sector).

Tabla 32: Extracción de carbón en Perú

| Tipo de carbón | Cantidad ( t ) |
|---|---|
| Carbón bituminoso | 26,371.24 |
| Carbón antracita | 32,470.87 |

Fuente: Anuario MINEM 2005

Otra información necesaria para estimar las emisiones fugitivas de GEI, es la cantidad de pozos en el año, tal como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 33: Total pozos por tipo

| Denominación Perú Petro (INGEI 2005) | | | Equivalencia en GL2006 | Número de pozos |
|---|---|---|---|---|
| Categoría Perú Petro | Subcategoría Perú Petro | Descripción breve | Categoría GL2006 | |
| Pozos perforados | Desarrollo | Son los pozos que recién empiezan a producir en el año | Perforación de pozos | 69 |
| | Exploratorios | Es la primera etapa de análisis del pozo | Prueba de pozos | 5 |
| | Confirmatorios | Es la etapa siguiente a la Exploratoria. El pozo aún no produce. | Prueba de pozos | 0 |
| Pozos productores | | Ya vienen produciendo desde hace años | Servicios a pozos | 4,979 |

Fuente: Anuario Perupetro 2005

Finalmente se necesita la cantidad de gas venteado, quemando y distribuido. Esta información se tiene combinando dos fuentes: Perupetro y el BNE 2005, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 34: Balance del gas natural en el Perú (expresado en $10^6 m^3$)

PLUSPETROL

| Mpie$^3$ | Consumo 2005($10^6 m^3$) | Tipo de Consumo | Sector de Uso |
|---|---|---|---|
| 53,567,119.00 | 1,517.05 | Consumo nacional | Vendido |
| 16,910,684.00 | 478.92 | Uso propio | Combustible |
| - | - | Exportado | Vendido Lote 56 |
| 4,314,501.00 | 122.19 | No aprovechado | Venteado |
| 3,231,834.00 | 91.53 | No aprovechado | Quemado |
| 133,640,316.00 | 3,784.77 | No aprovechado | Reinyectado |
| - | - | No aprovechado | Reposición, instrumentos, shrinkage |

Fuente: Memoria Perupetro 2005 (Cap. 2, pág. 14)

1,429 x $10^6 m^3$

GN distribuido:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Generación de electricidad | | | |
| 1,238.80 | $10^6 m^3$ | 43,741,892.00 | MPC |
| Consumos sectores | | | |
| 183.47 | $10^6 m^3$ | 6,478,169.00 | MPC |
| Usado en refinerías: | | | |
| 6.61 | $10^6 m^3$ | 233,251.00 | MPC |
| Operaciones petroleras | | | |
| - | $10^6 m^3$ | - | MPC |

Fuente: Memoria Perupetro 2005 (Cap. 2, pág. 7)

Fuente: Elaboración propia

Nota: los valores en gris no son usado en el INGEI, solo se estiman en el balance del gas natural

Las diferencias en el consumo se deben a redondeos en el balance.

### 5.1.2.3 Variables y constantes

Los factores de emisión que se usaron en el cálculo de las “Emisiones fugitivas” del sector Energía se resumen en la siguiente tabla:

*Tabla 35: Factores de emisión para emisiones fugitivas*

| Nombre del sector | Descripción | Factor de emisión $CO_2$ | Factor de emisión $CH_4$ | Factor de emisión $N_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| **Petróleo y gas natural** | | | | |
| **Petróleo** | | | | |
| Venteo | Perforación de pozos (GgGEI / pozo) | 9.00E-04 | 2.97E-04 | |
| Quema de antorcha | Prueba de pozos (GgGEI / pozo) | 7.95E-02 | 4.51E-04 | 5.84E-07 |
| | Servicios a los pozos (GgGEI / pozo) | 1.70E-05 | 6.40E-05 | |
| **Gas Natural** | | | | |
| Quema | $10^6m^3$ de gas quemado | 0.000023 | 0.012 | |
| Venteo | $10^6m^3$ de gas venteado | 0.0049 | 0.66 | |
| Procesamiento | | | | |
| Plantas de gas ácido - Fugitivas | $10^6m^3$ de gas crudo | 0.00001295 | 0.0001585 | |
| Plantas de gas ácido - quema antorcha | $10^6Mm^3$ de gas crudo | 0.000633 | 0.00000285 | |
| Plantas de gas ácido - venteo de CO2 crudo | $10^6m^3$ de gas crudo | 0.1065 | | |
| Transmisión y almacenamiento | | | | |
| Fugitivas | $10^6m^3$ de gas comercializable | 0.00000144 | 0.000633 | |
| Almacenamiento | $10^6m^3$ de gas comercializable | 0.000000185 | 0.0000415 | |
| Distribución | $10^6m^3$ de gas ventas servicios | 0.0000955 | 0.0018 | |

Fuente: GL2006 Volumen 2, capítulo 4, cuadro 4.2.4

Es importante mencionar que se han considerado los siguientes supuestos:

- Emisiones de GEI informativas, no se incluyen como parte del INGEI, y consideran:
  - ✓ La cantidad de leña consumida por los sectores, salvo la usada para generar carbón vegetal.
  - ✓ La cantidad de carbón vegetal, bosta y yareta.
- En un escenario conservador, de acuerdo a la información obtenida, de las emisiones fugitivas por extracción de carbón, solo se considera la extracción del carbón antracita, porque de este se tiene mayor certeza de su origen subterráneo (INGEI 2000)
- Se considera la información directa de gas venteado y quemado, no se consideran las estimaciones a partir de la cantidad de pozos operativos, como se hacía en las GL1996. Esto constituye una mejora significativa en el cálculo de las emisiones de GEI en esta fuente.

## 4.2. Energía (fuentes móviles)

Las categorías, subcategorías y fuentes incluidas en el sector Energía (fuentes móviles), se listan en la siguiente tabla:

Las categorías, subcategorías y fuentes incluidas en el sector Energía (fuentes móviles), se listan en la siguiente tabla:

Tabla 36: Categorías, subcategorías y fuentes del sector energía (fuentes móviles)

| Codificación | | | | | Nombre | Categorización IPCC (GL2006) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | | | | | **Energía** | Sector |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | Categoría |
| | | 1A1 | | | Industrias de energía | Subcategoría |
| | | 1A2 | | | Industrias de manufactura y construcción | Subcategoría |
| | | **1A3** | | | **Transporte** | Categoría especial |
| | | | 1A3a | | Aviación civil | Sub categoría especial |
| | | | | 1A3a*i* | Aviación internacional | Fuente |
| | | | | 1A3a*ii* | Aviación nacional | Fuente |
| | | | 1A3b | | Terrestre | Sub categoría especial |
| | | | | 1A3b*i* | Automóviles | Fuente |
| | | | | 1A3b*ii* | Camiones para servicio ligero | Fuente |
| | | | | 1A3b*iii* | Camiones para servicio pesado y autobuses | Fuente |
| | | | | 1A3b*iv* | Motocicleta | Fuente |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | Sub categoría especial |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | Sub categoría especial |
| | | | | 1A3d*i* | Navegación marítima Internacional | Fuente |
| | | | | 1A3d*ii* | Navegación marítima Nacional | Fuente |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | Sub categoría especial |
| | | | | 1A3e*i* | Transportes por gaseoductos*[1] | Fuente |
| | 1B | | | | Emisiones fugitivas de combustibles | Categoría |
| | | 1B1 | | | Combustibles sólidos | Sub categoría |
| | | 1B2 | | | Petróleo y gas natural | Sub categoría |

Fuente: Elaboración propia

*[1] Es la única fuente que no es propiamente una fuente móvil. Se incluye la quema de combustible en oleoductos.

Las emisiones de GEI provenientes del sector energía correspondiente a la categoría transporte (fuentes móviles), han sido estimadas aplicando las GL 2006.

Es preciso señalar que los medios de transporte considerados en la estimación son: terrestre, aviación civil, marítimo-fluvial y ferroviario. Además se reporta en esta categoría “Otro tipo de transporte”, que incluye la fuente de Transporte por oleoductos (Emisiones GEI emitidas por la quema de combustible en las bombas que impulsan el combustible por tuberías)

A continuación, se describe la metodología aplicada para cada subcategoría:

### 4.2.1. Aviación Civil

Se incluyen las emisiones de GEI de aviación civil internacional y nacional de uso civil comercial, incluido tráfico regular e irregular para pasajeros, carga y aviación en general. Queda excluido el uso de combustible para transporte terrestre en los aeropuertos (se debe declarar en 1A3e “Otro tipo de transportes”), así como los combustibles para quema estacionaria.

Esta subcategoría considera dos fuentes de emisión:

- *1A3ai: Aviación Internacional*
- *1A3aii: Aviación Nacional*

La división entre vuelos internacionales y nacionales debe determinarse en base a los lugares de salida y de llegada de cada etapa de vuelo y no por la nacionalidad de la línea aérea.

Para este INGEI 2005, se ha logrado estimar las emisiones para la fuente de **AVIACIÓN NACIONAL,** divididas en *viajes aerocomerciales nacionales y viaje aéreo especiales nacionales*; esta división de la fuente en sub-fuentes es debido a la información obtenida:

- Viajes aerocomerciales nacionales: son los vuelos comerciales regulares y no regules que reportan las empresas o instituciones de aviación (ejemplo: Lam, Taca, etc.) a la DGAC, indicando origen y destino de los vuelos.
- Viajes aéreo especial nacionales: son los vuelos de servicios especiales o privados (ejemplo empresas que cuentan con aviones privados) no reportados a la DGAC.

*Cabe mencionar que las emisiones para Aviación internacional, no han sido incluidas por las siguientes razones:*

- *La DGAC del MTC, solo cuenta información de viajes a nivel nacional.*
- *La información solicitada a las empresas aéreas, no fueron respondidas, excepto Lan Perú.*
- *La información que proporcionó LAN Perú, reporta la suma del consumo de combustible para viajes nacionales e internacionales, no lográndose identificar la cantidad de combustible independientemente para cada tipo de vuelos (nacionales e internacionales).*

#### 4.2.1.1. Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles, según las GL2006:

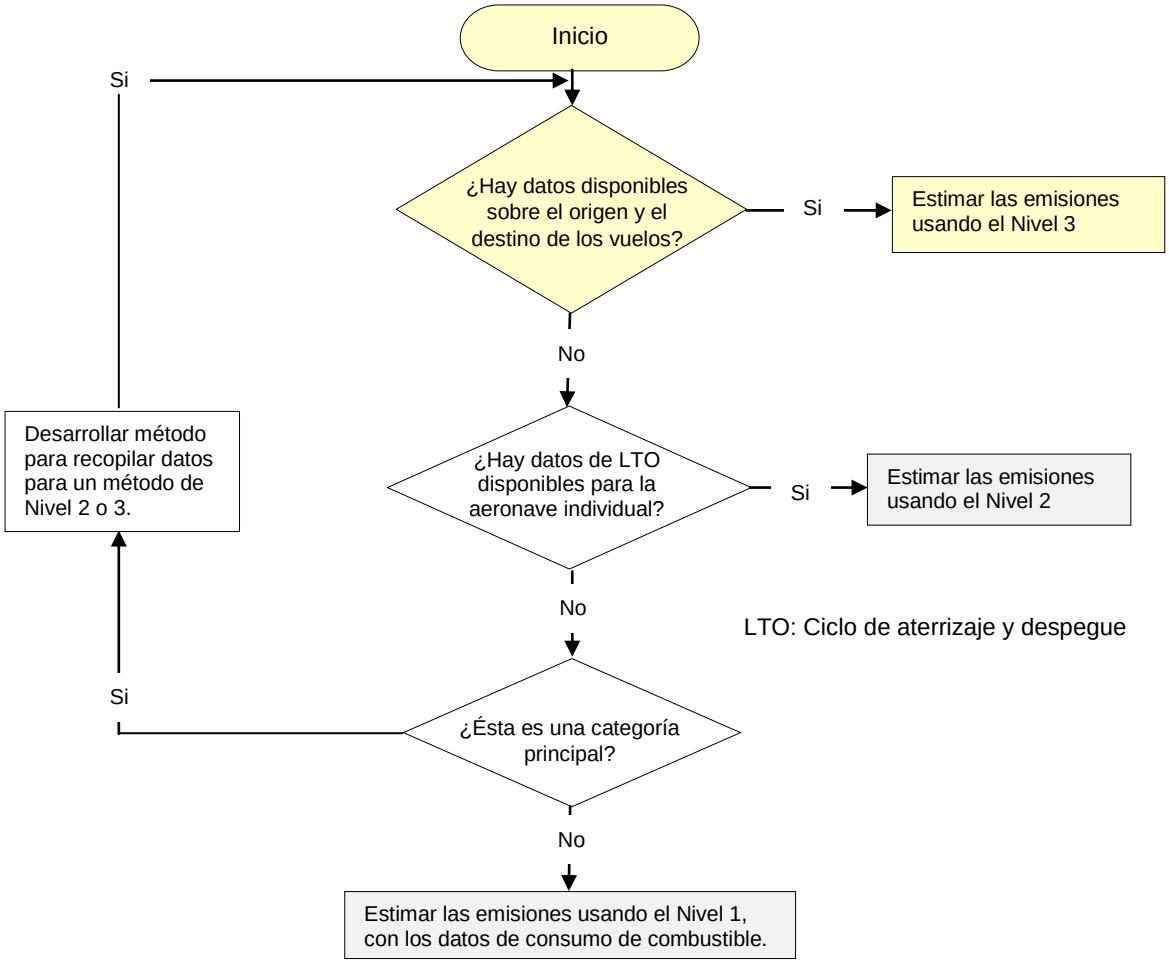
Nivel 1: Se calcula multiplicando la información de consumo de combustible estimado con el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC.

Nivel 2: Es igual al Nivel 1, pero se utilizan los factores de emisión específicos del país en lugar de los factores por defecto.

Nivel 3: Se basan en los datos reales del movimiento del vuelo: para los datos de origen y destino (OD).

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar el nivel que debe utilizarse para estimar las emisiones de las sub-fuentes: aviación aerocomercial nacional y aéreo especial nacional.

Gráfico 34*:* Árbol de decisión para estimar las emisiones $CO_2$ procedentes de Aviación civil.




Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 3.6.1

Dada la información disponible para el año 2005 y siguiendo los pasos del árbol de decisiones el nivel a aplicar para la sub-fuente de VIAJES AEROCOMERCIAL NACIONAL es del Nivel 3; mientras que, para la sub-fuente VIAJES AÉREO ESPECIAL NACIONAL se empleará el Nivel 1.

En los siguientes párrafos se describe las dos sub-fuentes: Viajes aerocomerciales nacional y viajes aéreos especiales nacionales.

Viajes aerocomercial nacional: La información disponible que se tiene para esta sub-fuente es la cantidad de vuelos a nivel nacional que indican lugar de origen y destino, además del tipo de nave. Esta información nos permite aplicar el nivel 3 de cálculo, considerando la metodología proporcionada por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA/CORINAIR)[30] que permite estimar el combustible tubo A1 consumido por los vuelos y estimar las emisiones de $CO_2$ haciendo uso de un factor de emisión por defecto de Europa, pero esta metodología no incluye las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$.

[30] Disponible en: http://www.eea.europa.eu//publications/emep-eea-guidebook-2013

Anexado: E-Fuente móviles (1.A.3.a Aviation GB2013)

Por lo tanto con la finalidad de obtener un cálculo completo que incluya las emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ y utilizar los factores de emisión de las GL 2006, se emplearan dos etapas: Primero se empleará la metodología del Nivel 3 solo para estimar el consumo del Turbo A1 (consumo de combustible para cada vuelo a nivel nacional) y luego ya obtenido el cantidad de combustible Turbo A1, la segunda etapa sería estimar las emisiones GEI ($CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$), el cual se empleará el nivel 1, debido que este nivel 1 nos permite usar factores de GL2006 y características del Turbo A1 tal como densidad y VCN. Así para el nivel 1, se hará uso de la siguiente ecuación:

*Ecuación* 6: Para estimar las emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ para Aviación Civil

$$\textbf{Emisión} = \sum\left(Combustible_{EEA}\ x\ EF_a\right)$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| *Emisión* | *=Emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ (kg)* |
| *$Combustible_{EEA}$* | *=Combustible consumido (TJ), obtenido de EEA/CORINAIR* |
| *$EF_a$* | *=Factor de emisión (kg/TJ). Según tipo de combustible.* |

*Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2, página 3.61 y Ecuación 3.6.1*

Viajes aéreos especiales nacionales: esta sub-fuente, se ha estimado las emisiones bajo la metodología del Nivel 1. Para la estimación de las emisiones se hace uso de la ecuación 6.

### 4.2.1.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la subcategoría Aviación civil:

Tabla 37: Nivel de Actividad de Subcategoría de Aviación civil, año 2005

| Codificación | | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | Energía | | | |
| | 1A | | | | Quema de combustibles | | | |
| | | 1A3 | | | **Transporte** | | | |
| | | | 1A3a | | Aviación Civil | | | |
| | | | | *1A3ai* | Viajes aerocomercial nacional | Total de vuelos realizados a nivel nacional en el año 2005, indicando origen – destino. | MTC – Dirección General de Aviación Civil (DGAC). | |
| | | | | *1A3aii* | Viajes aéreo especiales nacionales. | Ratio de consumo de combustible por número de naves, extraído del INGEI 2000. | INGEI 2000. | |

Leyenda de Calidad:
No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

| Codificación | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector | | | | |

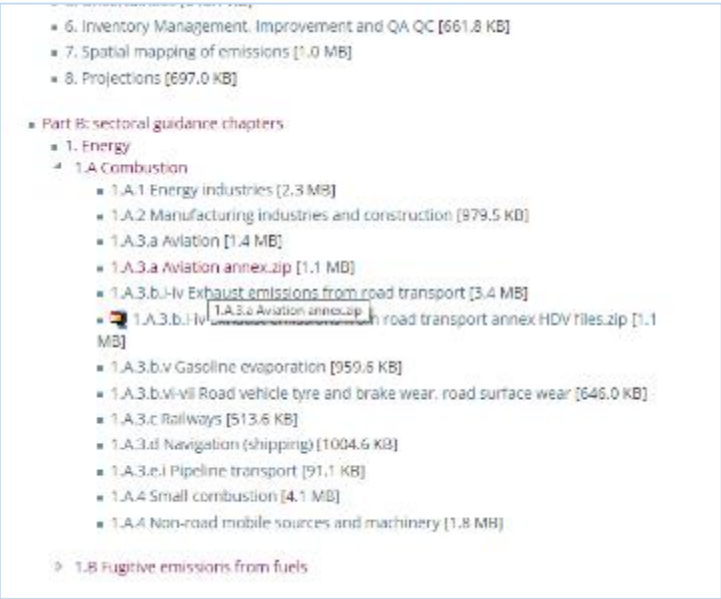
Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

**Viajes Aerocomerciales nacionales**:

a) Vuelos aerocomerciales nivel nacional: La información debe incluir la cantidad de vuelos a nivel nacional (31 773 viajes regulares y 21 667 vuelos irregulares), indicando origen y destino durante el año 2005. Esta información fue entregada[31] por el MTC – DGAC; se logró estimar 376 distancias (34 viajes regulares y 342 viajes no regulares) de los vuelos agrupados por rutas y modelo de aeronave.

b) Modelos de aeronaves aerocomerciales: Los vuelos proporcionados por MTC – DGAC, incluía información de tipos de aeronaves las cuales fueron agrupadas por modelos comerciales. Información presentada en Información recopilada (carpeta InfoPrev 1A3a).
A continuación se desarrollará un ejemplo para estimar las emisiones GEI de un vuelo Lima-Piura (946 Km) del avión A319:

Paso 1: Se debe descargar el libro de Excel proporciona por la EEA en la siguiente página web: http://www.eea.europa.eu//publications/emep-eea-guidebook-2013, se debe descargar la 1.A.3.a Aviation annex.zip (Versión Dec.2013)[32], tal como se indica en la siguiente imagen:




Paso 2 - Ubicación del consumo de Turbo A1: para la cual nos ubicamos en la segunda hoja (Pivot Table) y hallamos la intercepción de la distancia en millas (946 km / 1.852 = 511 millas) y el modelo de avión A319, al no encontrar la distancia exacta se realiza una interpolación entre los datos donde se encuentra la distancia a buscar:

| Distancia (variable =x) | Kg Combustible (variable =y) |
|---|---|

[31] Adjunto: Información recopilada (Infoprev 1A3a-2005)

[32] Adjunto: Información recopilada (1.A.3.a Aviation GB2013 annex updated Dec2013)

| Distancia (variable =x) | Kg Combustible (variable =y) |
|---|---|
| X1 = 500 | Y1 = 3,508.657 |
| X2 = 511 | Y2 = ¿? |
| X3 = 750 | Y3 = 4,594.19 |

Utilizando la siguiente formula:

$$y_2 = y_1 + \frac{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1)}{(x_3 - x_1)}$$

Obtendremos, que Y2= 3,556 kg de Turbo A1 (en el Anexo de la carpeta InfoPrev 1A3a se encuentran todos los resultados de consumo de combustible para cada vuelo).
Paso 3 - Estimamos las emisiones GEI ($CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$): haciendo uso de la ecuación para aviación civil (Ecuación 6), presentada anteriormente.

**Viajes aéreos especiales nacionales:**

a) Ratio de consumo de combustibles en viajes Especiales: debido que la información proporcionada anteriormente solo abarca viajes aéreos comerciales, por tal motivo para los viajes aéreos especiales (privados) se consideró un ratio de consumo de combustible por el número de naves en actividad, tomado del INGEI 2000.

Tabla 38: Ratio de consumo de combustible para vuelos especiales

| Categoría | Tipo de Combustible | Consumo Promedio (gal/naves al año) |
|---|---|---|
| Especial | Gasolina 100 LL | 4,523.00 |

Fuente. INGEI 2000

b) Número de aeronaves de vuelos especiales: El MTC, brindó el número de aeronaves circulantes durante el año 2005, del cual se extrajo el total de naves que brindaron servicio especial a nivel nacional, permitiendo en conjunto con el ratio anteriormente mencionado obtener el consumo de combustible en los vuelos especiales.

Tabla 39: Consumo de combustible para viajes aéreos especial

| Categoría | Tipo de Combustible | Parque de Aviación - circulación año 2005 | Consumo de Combustible [gal] |
|---|---|---|---|
| Especial | Gasolina 100 LL | 38 | 171,874 |

Fuente. INGEI 2000

Cabe resaltar que el 99% de las emisiones GEI en aviación civil nacional, se presenta en los vuelos aerocomerciales y el resto corresponde a vuelos especiales.

### 4.2.1.3. Variables y constantes

Para estimar las emisiones de GEI, es necesario tener un factor de conversión (TJ/unidad), este nos permite obtener el consumo de combustible quemado en unidades de energía (TJ), tal como se requiere para luego multiplicar con el factor de emisión y así obtener las emisiones GEI. Para lograr obtener este factor de conversión es necesario de las características, tales como VCN (Valor Calorífico Neto) y densidad de cada combustible comercializados en el Perú.

En esta subcategoría, los combustibles utilizados son Turbo Jet (A1) y Gasolina para aviones (100LL). Respecto a las densidades y VCN de los combustibles mencionados a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 40: VCN de los combustibles en aviación civil

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Turbo A1 | 42.8 | MJ/kg | http://www.bvindecopi.gob.pe/normas/321.006.pdf (Anexo A, pág. 19) |
| Gasolina 100LL | 43.5 | MJ/kg | http://www.bvindecopi.gob.pe/normas/321.005.pdf (Anexo A, pág. 16) |

Tabla 41: Densidades de los combustibles en aviación civil

| Tipo de combustible | Densidad mínima | Densidad máxima | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Turbo A1 | 775 | 840 | $Kg/m^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha de seguridad: DDF: Turbo A1, pág. 4. |
| Gasolina 100LL | 700 | 720 | $Kg/m^3$ | http://www.aerodromolajuliana.es/pdf/avgas.pdf (pág. 8) |

Respecto a los factores de emisión de los combustibles mencionados, a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 42: Factores de emisión de $CO_2$ para Aviación civil

| Tipo de combustible | Por defecto kg/TJ] | Inferior | Superior |
|---|---|---|---|
| Gasolina para aviación | 70,000 | 67500 | 73000 |
| Queroseno para motor reacción | 71,500 | 69800 | 74400 |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 3.64, cuadro 3.6.4

Tabla 43: Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para Aviación

| Tipo de combustible | $CH_4$ [kg/TJ] | $N_2O$ [kg/TJ] |
|---|---|---|
| | Por defecto | Por defecto |
| Todos los combustibles | 0.50 | 2.00 |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 3.64, cuadro 3.6.5

## 4.2.2. Transporte terrestre

Se incluyen las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de vehículos terrestres (excluyendo el transporte militar). Para el INGEI 2005, se incluyen los siguientes modos de transporte que las GL 2006 describen y que son agrupadas según descripciones de vehículos en el Perú[33]:

| **Según GL 2006** | **Adaptada a Perú** |
|---|---|
| *1A3bi: Automóviles* | *Automóvil + station wagon* |
| *1A3bii: Camiones para servicio ligero* | *Camionetas (pick up + rural + panel)* |
| *1A3biii: Camiones para servicio pesado y autobuses* | *Ómnibus + camión + remolcador.* |
| *1A3biv: Motocicletas* | *Vehículos menores (Motos y moto-taxis)* |

### 4.2.2.1. Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles para estimar las emisiones de $CO_2$:

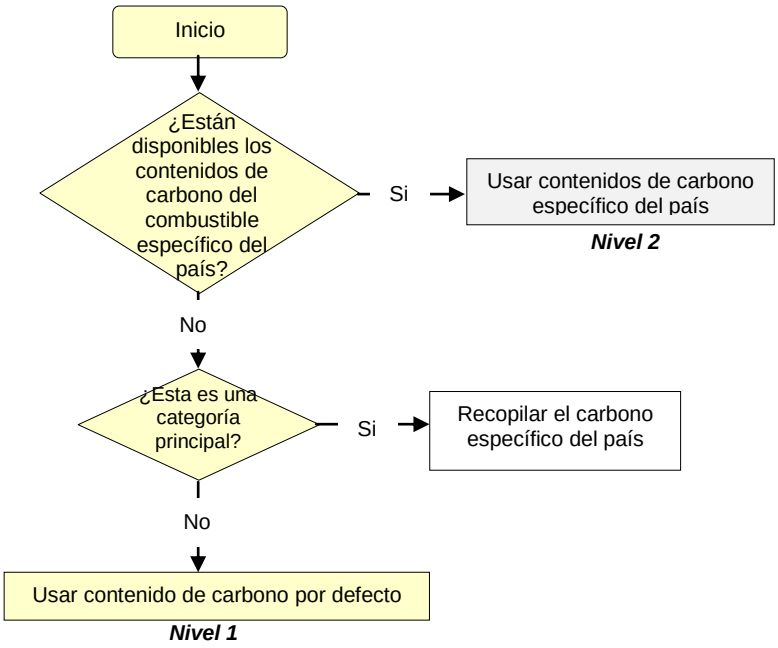
[33] Clasificación vehicular en el Perú: http://araper.pe/ckfinder/userfiles/files/INF_SEM_2013.pdf

Nivel 1: Calcula las emisiones de $CO_2$, multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de $CO_2$ por defecto.

Nivel 2: Es igual al nivel 1, con la excepción de que se utiliza el contenido de carbono específico del país.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar qué nivel debe utilizarse para estimar las emisiones de $CO_2$ procedentes del transporte terrestre.

Gráfico 35: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CO_2$ en transporte terrestre.




Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 3.11

Dado que la información disponible al 2005 (consumo de combustible) para la estimación de emisiones de $CO_2$ en esta subcategoría y siguiendo los pasos del árbol de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1. La ecuación aplicada par la estimación de emisiones de $CO_2$, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación* 7: Para estimar las emisiones de $CO_2$ en Transporte Terrestre.

$$\textbf{Emisión} = \sum_a \left( Combustible_a \; x \; EF_a \right)$$

Dónde:

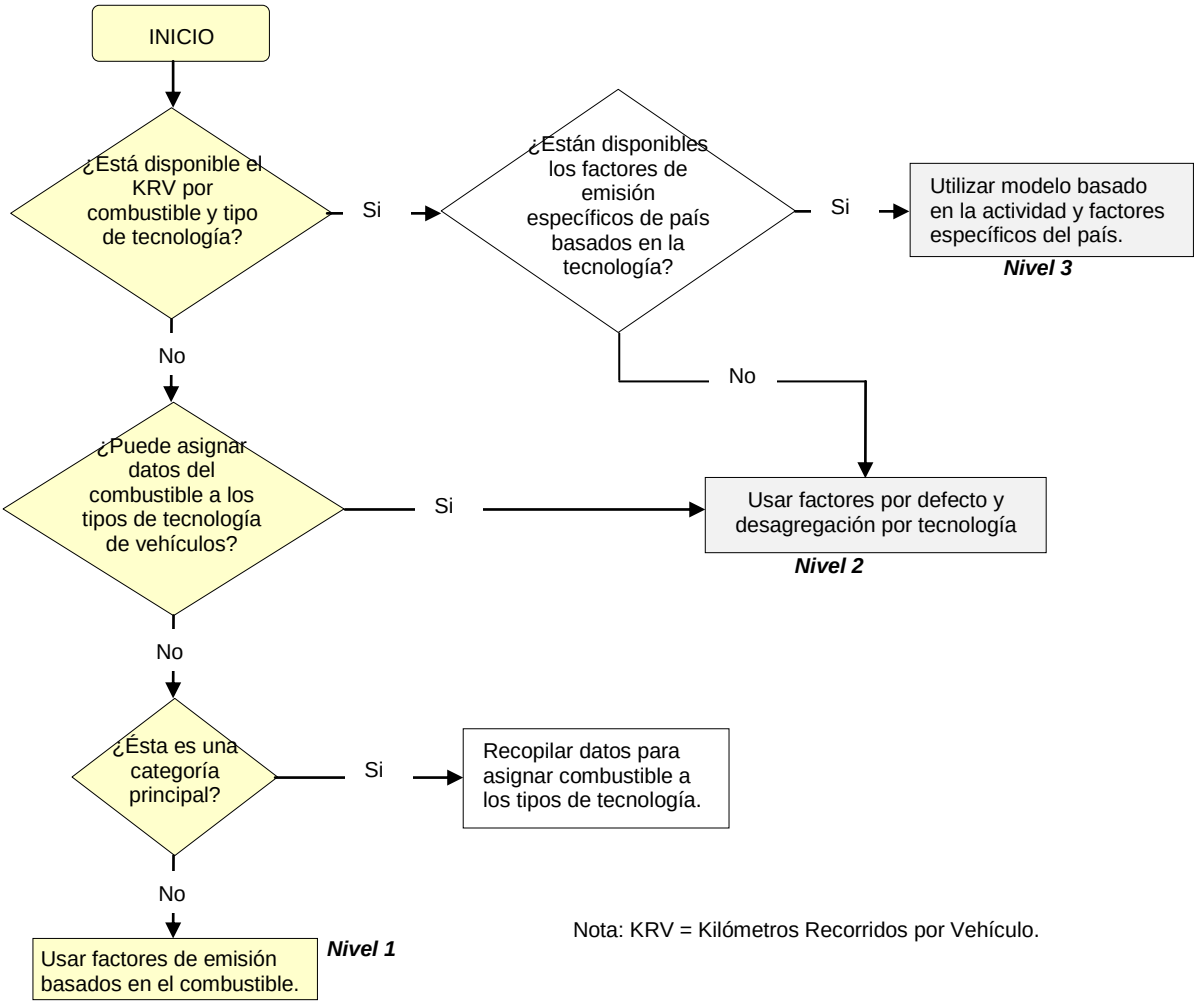
| | |
|---|---|
| *Emisión* | *=Emisiones de $CO_2$ (kg)* |
| *$Combustible_a$* | *=Combustible vendido (TJ)* |
| *$EF_a$* | *=Factor de emisión (kg/TJ). Es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12.* |
| *a* | *= Tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)* |

*Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2, página 3.12 y Ecuación 3.2.1*

Las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$ son más difícil de estimar con exactitud que las emisiones del $CO_2$ porque los factores de emisión dependen de la tecnología del vehículo (ejemplo vehículos que incluyan catalizadores modernos), del combustible y de las condiciones de uso (en carretera

pavimentada o no pavimentadas). El árbol de decisión a continuación presenta la elección del método para calcular las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$, procedentes del transporte terrestre:

Gráfico 36: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$ en transporte terrestre.




Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 314

Debido a que no se cuenta con información de cantidad de vehículos y sus kilómetros recorridos, por tipo de tecnología o factores de emisión específicos, para las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$ se selecciona el nivel 1 de cálculo.

La ecuación para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso ($CH_4$ y $N_2O$) corresponde a la ecuación presentada para estimar las emisiones de $CO_2$ (ver ecuación 7)

#### 4.2.2.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría transporte terrestre:

Tabla 44: Nivel de Actividad de la categoría transporte terrestre, año 2005

| Codificación | | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | Energía | | | |
| | 1A | | | | Quema de combustibles | | | |
| | | 1A3 | | | Transporte | | | |
| | | | 1A3b | | Terrestre | | | |
| | | | | 1A3b*i* | Autos y Station Wagon (Automóviles) | • Combustible vendido para el año 2005 a nivel nacional en grifos y estaciones de servicio – Estimado a base de los años 2007 al 2012.<br>• Cantidad de vehículos por tipo.<br>• GNV vendido en estaciones de servicio 2005. | • OSINERGMIN<br>• SUNARP - MTC<br>• INFOGAS | |
| | | | | 1A3b*ii* | Camionetas: Pick Up, Rural y Panel. (Camiones para servicio ligero) | • Combustible vendido para el año 2005 a nivel nacional en grifos y estaciones de servicio – Estimado a base de los años 2007 al 2012.<br>• Cantidad de vehículos por tipo.<br>• GNV vendido en estaciones de servicio 2005. | • OSINERGMIN<br>• SUNARP - MTC<br>• INFOGAS | |
| | | | | 1A3b*iii* | Camión, Autobuses y Remolcador. (Camiones para servicio pesado y autobuses) | • Combustible vendido para el año 2005 a nivel nacional en grifos y estaciones de servicio – Estimado a base de los años 2007 al 2012.<br>• Cantidad de vehículos por tipo.<br>• GNV vendido en estaciones de servicio 2005. | • OSINERGMIN<br>• SUNARP - MTC<br>• INFOGAS | |
| | | | | 1A3b*iv* | Motos y Moto-taxi. (vehículos menores) | • Combustible vendido para el año 2005 a nivel nacional en grifos y estaciones de servicio – Estimado a base de los años 2007 al 2012.<br>• Cantidad de vehículos por tipo.<br>• GNV vendido en estaciones de servicio 2005. | • OSINERGMIN<br>• SUNARP - MTC<br>• INFOGAS | |

Leyenda de Calidad:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Combustible vendido en los grifos y estaciones de servicio: la información es obtenida de la estimación de los Balances de energía Nacionales de los años 2007 al 2012 de

OSINERGMIN[34], logrando obtener el total de combustible que consume el transporte terrestre (no incluye GNV), para el año 2005:

[34] Disponible en: http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFH/BOLETIN_2012.pdf - Página 32

Adjunto: Información recopilada: Boletín 2012 (Demanda de combustibles líquidos y GLP a nivel nacional, 2007 A 2012.

Tabla 45: Estimación regresiva de combustible vendido en grifos año 2005

| Productos | 2012 Miles de Barriles (MB) | | | | 2011 (MB) | | | | 2010 (MB) | | | | 2009 (MB) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| Diésel | 5,231 | 5,149 | 5 651 | 5 838 | 4 904 | 5 151 | 5 489 | 5 515 | 4 716 | 4 833 | 5 237 | 5 348 | 4 313 | 4 415 | 4 785 | 4 974 |
| Gasolinas | 301 | 307 | 331 | 336 | 2 106 | 2 164 | 1 252 | 861 | 2 477 | 2 256 | 2 166 | 2 194 | 2 238 | 2 321 | 2 464 | 2 624 |
| Gasohol | 2,615 | 2 547 | 2 657 | 2 786 | 569 | 604 | 1 591 | 2 060 | 82 | 321 | 527 | 612 | | | | |
| GLP | 887 | 957 | 993 | 1 471 | 745 | 743 | 801 | 859 | 622 | 659 | 715 | 761 | 654 | 620 | 673 | 683 |

| Productos | 2007 (MB) | | | | 2006 (MB) | | | | 2005 (MB) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| Diésel | 3 686 | 3 879 | 4 122 | 4 342 | 3 816 | 3 479 | 4 285 | 4 399 | 3 709 | 3 026 | 4 176 | 4 289 |
| Gasolinas | 1 920 | 1 964 | 1 952 | 2 042 | 1 906 | 1 972 | 2 003 | 2 089 | 1 457 | 1 902 | 1 924 | 2 008 |
| Gasohol | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 383 | 411 | 471 | 516 | 323 | 443 | 499 | 506 | 233 | 408 | 465 | 472 |

Fuente: Elaboración propia[35] en base al Boletín 2012 - OSINERGMIN, página 32

Para lograr obtener el consumo de combustible por tipo de vehículo, se realizó una distribución haciendo uso de la información proporcionada por el MTC[36]: vehículos registrados por tipo de combustible año 2011 (siendo la información de este año la disponible y brindada) y la cantidad de vehículos circulantes en el año 2005.

Tabla 46: Vehículos registrados por tipo de combustible año 2011

| TIPO DE COMBUSTIBLE | AUTOMOVIL | STATIOWAGON | CAMIONETAS | | | OMNIBUS | CAMIÓN | REMOLCADOR | VEH. AUT. MEN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | PICK UP | RURAL | PANEL | | | | |
| **TOTAL 2011** | *65,001* | *9,282* | *22,565* | *42,939* | *2,532* | *3,623* | *15,314* | *2,809* | *262,410* |
| DIESEL | 39 | 36 | 20,349 | 11,006 | 933 | 3,257 | 15,223 | 2,809 | 141 |
| GLP | 1,617 | 378 | 105 | 357 | 73 | 4 | 0 | 0 | 1,238 |
| GNV | 3,852 | 1,366 | 12 | 81 | 36 | 353 | 21 | 0 | 245 |
| GASOLINA | 59,493 | 7,502 | 2,099 | 31,495 | 1,490 | 9 | 70 | 0 | 260,786 |

Fuente: MTC - SUNARP

[35] Adjunto: Regresiones de Demanda de combustibles al 2005.xls

[36] Adjunto: MTC-SUNARP - TIPO DE COMBUSTIBLE Y VEHÍCULO

Paso 1- Obtener el porcentaje según tipo de vehículos que consumen diésel, GLP, GNV y gasolina: (ejemplo de los automóviles se tiene 39 vehículos que consumen diésel se divide con 65,001 totales de automóviles = 0.06%), este se logra de la tabla de vehículos registrados por tipo de combustible año 2011. Es así como de la división se obtiene de la participación porcentual del tipo combustible para cada tipo de vehículo:

Tabla 47: Participación porcentual en Vehículos registrados por tipo de combustible

| TIPO DE COMBUSTIBLE | AUTOMOVIL | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | OMNIBUS | CAMIÓN | REMOL CADOR | VEH. AUT. MEN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | PICK UP | RURAL | PANEL | | | | |
| DIESEL | 0.06% | 0.39% | 90.18% | 25.63% | 36.85% | 89.90% | 99.41% | 100.00% | 0.05% |
| GLP | 2.49% | 4.07% | 0.47% | 0.83% | 2.88% | 0.11% | 0.00% | 0.00% | 0.47% |
| GNV | 5.93% | 14.72% | 0.05% | 0.19% | 1.42% | 9.74% | 0.14% | 0.00% | 0.09% |
| GASOLINA | 91.53% | 80.82% | 9.30% | 73.35% | 58.85% | 0.25% | 0.46% | 0.00% | 99.38% |

La participación obtenida, representa solo los vehículos registrados, no siendo el total de vehículos circulantes en el año, por lo cual realizamos el siguiente paso:

Paso 2 - Se obtiene la distribución de vehículos por tipo de vehículo y tipo de combustible: este se obtiene multiplicando cada porcentaje de la tabla anterior (participación porcentual en vehículos registrados por tipo de combustible) con el total de vehículos en circulación del año 2005, presentada a continuación:

Tabla 48: Vehículos en circulación año 2005

| AUTOMOVIL | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | OMNIBUS | CAMIÓN | REMOL-CADOR | VEH. AUT. MEN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PICK UP | RURAL | PANEL | | | | |
| 673,647 | 227,338 | 165,875 | 137,941 | 26,850 | 47,788 | 115,576 | 17,602 | 83,083 |

Fuente: MTC - SUNARP

Logrando obtener la cantidad de vehículos por tipo de combustible en la siguiente tabla (ejemplo: 673,647(total automóvil) x 0.06%(automóvil a diésel) = 404 automóviles a diésel durante el año 2005):

Tabla 49: Clase de vehículo circulante por tipo de combustible 2005

| TIPO DE COMBUSTIBLE | AUTOMOVIL | | | | | | | | VEH – MEN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AUTOMOVIL | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | OMNIBUS | CAMIÓN | REMOL-CADOR | |
| | | | PICK UP | RURAL | PANEL | | | | |
| DIESEL | 404 | 882 | 149,585 | 35,357 | 9,894 | 42,960 | 114,889 | 17,602 | 45 |
| GLP | 16,758 | 9,258 | 772 | 1,147 | 774 | 53 | 0 | 0 | 392 |
| GNV | 39,921 | 33,457 | 88 | 260 | 382 | 4,656 | 158 | 0 | 78 |
| GASOLINA | 616,564 | 183,742 | 15,430 | 101177 | 15,800 | 119 | 528 | 0 | 825,69 |

Paso 3: Cómo último paso se obtiene el consumo de combustible de diésel, GLP, GNV y gasolina para cada tipo de vehículo con la participación porcentual de la tabla anterior multiplicando con el total de combustible vendido, ejemplo para los automóviles se tiene (404 entre la suma de todos los vehículos que consumen Diésel que es 371,618) x 15,200 MB = 16.5 MB, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 50: Combustible vendido en los grifos, distribuido por tipo de vehículo y combustible

| Tipo de Combustible | Miles de Barril [MB] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Consumo [MB] | AUTOS | STATION WAGON | PICK UP | RURAL | PANEL | OMNIBUS | CAMION | REMOLCADOR | VEHICULOS MENORES |
| Diesel | 15,200.03 | 16,5 | 36.1 | 6,118.4 | 1,446.2 | 404.7 | 1,757.2 | 4,699.2 | 720 | 1.8 |
| Gasolina 84 | 3,796.24 | 2,303.9 | 686.6 | 57.7 | 378.1 | 59.0 | 0.4 | 2.0 | 0 | 308.5 |
| Gasolina 90 | 2,596.50 | 1,575.8 | 469.6 | 39.4 | 258.6 | 40.4 | 0.3 | 1.3 | 0 | 211 |
| Gasolina 95 | 393.53 | 238.8 | 71.2 | 6.0 | 39.2 | 6.1 | 0 | 0.2 | 0 | 32 |
| Gasolina 97 | 325.35 | 197.5 | 58.8 | 4.9 | 32.4 | 5.1 | 0 | 0.2 | 0 | 26.4 |
| Gasolina 98 | 179.26 | 108.8 | 32.4 | 2.7 | 17.9 | 2.8 | 0 | 0.1 | 0 | 14.6 |
| GLP | 1,578.14 | 907.1 | 501.1 | 41.8 | 62.1 | 41.9 | 2.9 | 0 | 0 | 21.2 |

b) GNV vendido en estaciones de servicio: en la página web de INFOGAS, se reporta el total de 2 mil metros cúbicos de Gas Natural Vehicular (GNV) vendidos para el transporte terrestre en el Perú. Es importante aclarar que, de acuerdo a las consultas por correo electrónico, los representantes de INFOGAS manifestaron que sus estadísticas incluyen el consumo de gas natural en todo tipo de vehículo.
La distribución de GNV vendido según el tipo de vehículo; se realiza con la tabla anteriormente mencionada, ejemplo para los automóviles se tiene (39,921 entre la suma de todos los vehículos que consumen GNV que es 79,000) x 2,000 = 1,011 $m^3$, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 51: GNV vendido, distribuido por tipo de vehículo y combustible ($m^3$)

| AUTOS | STATION WAGON | PICK UP | RURAL | PANEL | OMNIBUS | CAMION | REMOLCADOR | VEHICULOS MENORES | Consumo Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,011 | 847 | 2 | 7 | 10 | 118 | 4 | 0 | 2 | **2,000** |

#### 4.2.2.3. Variables y Constantes

Para estimar las emisiones GEI es necesario tener un factor de conversión (TJ/unidad), este nos permite obtener el consumo de combustible quemado en unidades de energía (TJ), tal como se requiere para luego multiplicar con el factor de emisión y así obtener las emisiones GEI. Para lograr obtener este factor de conversión es necesario de las características de los combustibles, tales como VCN (Valor Calorífico Neto) y densidad de cada combustible comercializados en el Perú.

En esta categoría, los combustibles utilizados son Gas Licuado de Petróleo (GLP), Diésel, Gasolinas y Gas Natural.

Respecto a las densidades y VCN de los combustibles mencionados a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 52: VCN de los combustibles en transporte terrestre[37]

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Gas Licuado de Petróleo | 0.05 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |
| Diésel | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |
| Gas Natural | 0.04 | GJ/m3 | Carta Formal de Petroperu |
| Gasolina | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |

Tabla 53: Densidades de los combustibles en transporte terrestre

[37] Anexo E-Fuentes móviles (información recopilada Petroperu.PDF)

| Tipo de combustible | Densidad mínima | Densidad máxima | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Gas Licuado de Petróleo | 0.542 | | Kg/L | Carta Formal de Petroperu |
| Diésel | 0.842 | | Kg/L | Carta Formal de Petroperu |
| Gas Natural | 0.750 | | $Kg/m^3$ | http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/52.pdf (página 4) |
| Gasolina 84 | 0.708 | 0.719 | $g/Cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha técnica de Gasolina 84 (página 4) |
| Gasolina 90 | 0.712 | 0.731 | $g/Cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha técnica de Gasolina 90 (página 4) |
| Gasolina 95 | 0.709 | 0.727 | $g/Cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha técnica de Gasolina 95 (página 4) |
| Gasolina 97 | 0.758 | 0.779 | $g/Cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha técnica de Gasolina 97 (página 4) |
| Gasolina 98 | 0.758 | 0.779 | $g/Cm^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha técnica de Gasolina 98 (página 4) |

Respecto a los factores de emisión de los combustibles mencionados, a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 54: Factores de emisión de $CO_2$ para transporte terrestre

| Tipo de combustible | Por defecto [kg/TJ] | Inferior | Superior |
|---|---|---|---|
| Gasolina para motores | 69300 | 67500 | 73000 |
| Diésel | 74100 | 72600 | 74800 |
| Gases licuados de petróleo | 63100 | 61600 | 65600 |
| Gas natural | 56100 | 54300 | 58300 |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 3.16, cuadro 3.2.1.

Tabla 55: Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para transporte terrestre

| Tipo de combustible / Categoría representativa de vehículo | $CH_4$ [kg/TJ] | | | $N_2O$ [kg/TJ] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Por defecto | Inferior | Superior | Por defecto | Inferior | Superior |
| Gasolina para motores - sin controlar(b) | 33 | 9.6 | 110 | 3.2 | 0.96 | 11 |
| Diésel Oíl | 3.90 | 1.60 | 9.50 | 3.90 | 1.30 | 12.00 |
| Gas Natural | 92.00 | 50.00 | 1540.00 | 3.00 | 1.00 | 77.00 |
| Gas licuado de petróleo | 62.00 | na | Na | 0.20 | na | na |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 3.21, cuadro 3.2.2.

### 4.2.3. Transporte ferroviario

Se incluyen las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de transporte ferroviario. Para la elaboración del INGEI 2005 se ha considerado las siguientes empresas ferroviarias (excepto Ferrocarril Transandino y Ferrocarril Tacna Arica por falta de información):

***1A3c*** Ferroviario:

1. *Ferrocarril Central Andina S.A*
2. *Ferrocarril Transandino*
3. *Ferrocarril Huancayo-Huancavelica*
4. *Ferrocarril Tacna Arica.*
5. *Sothern Copper Corporation.*

#### 4.2.3.1. Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

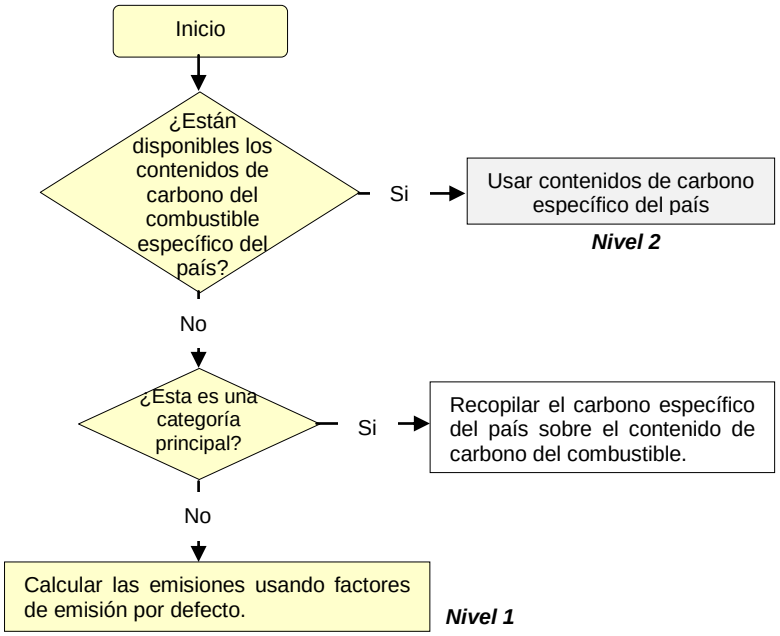
Nivel 1: Se estiman las emisiones de $CO_2$ usando los factores de emisión por defecto específicos del combustible, que las GL 2006 brinda y la cantidad combustible consumido.

Nivel 2: Para el $CH_4$ y $N_2O$, se estiman las emisiones con los factores de emisión específicos del país y el combustible consumido.

Nivel 3: Se requiere datos al detalle de cada tipo de motor y tren, horas anuales de utilización de la locomotora, potencial nominal promedio de la locomotora.

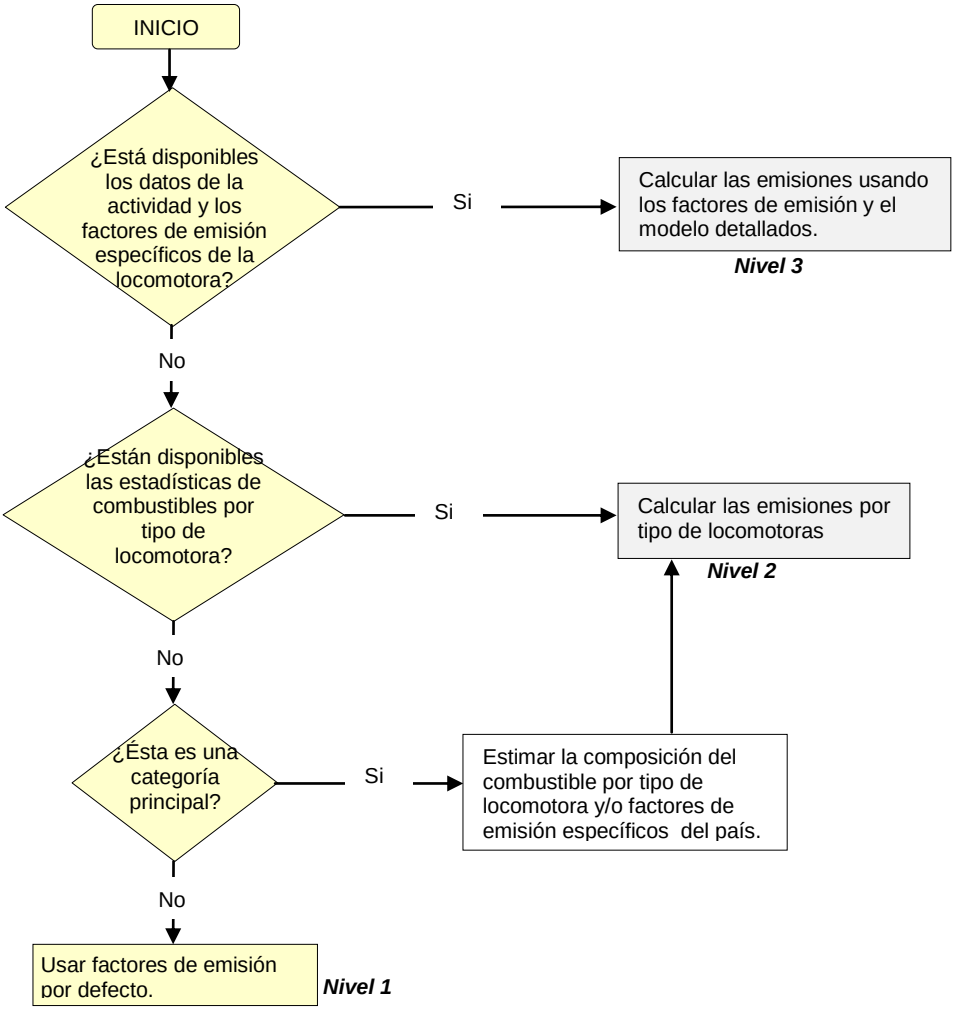
El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar qué nivel debe utilizarse para estimar las emisiones procedentes del transporte ferroviario.

Gráfico 37: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CO_2$ procedentes del transporte ferroviario.




Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 3.4.1

Gráfico 38: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CH_4$ y $N_2O$ procedentes del transporte ferroviario.



Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 3.4.2

Dado que la información disponible al año 2005 para la estimación de emisiones de esta subcategoría es el consumo de combustibles y el factor de emisión de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ por defecto del IPCC, y siguiendo los pasos de los árboles de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1.

La ecuación a utilizar para el nivel 1 es:

*Ecuación* 8: Para estimar las emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ en el Transporte Ferroviario.

$$\textbf{Emisión} = \sum_j \left( Combustible_j \times EF_j \right)$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| *Emisión* | *=Emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ (kg)* |
| *$Combustible_j$* | *=Tipo de combustible j consumido en (TJ).* |
| *$EF_j$* | *=Factor de emisión (kg/TJ), por tipo de combustible.* |
| *j* | *= Tipo de combustible* |

*Fuente: GL2006, Volumen 2, página 3.41 y Ecuación 3.4.1*

### 4.2.3.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI para la subcategoría transporte ferroviario:

Tabla 56: Nivel de Actividad de la subcategoría transporte ferroviario, año 2005

| Codificación | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | Energía | | | |
| | 1A | | | Quema de combustibles | | | |
| | | 1A3 | | **Transporte** | | | |
| | | | 1A3c | Ferroviaria | | | |
| | | | | Locomotoras de trenes (Ferrocarriles Central Andino e Inca Rail) | • Consumo de combustible de las locomotoras, por empresa ferroviaria. | • Empresa Central Andino. | |
| | | | | Locomotoras de trenes (Huancayo-Huancavelica y Southern Perú) | • Ratio de consumo de combustible por número de locomotoras, extraído del INGEI 2000.<br>• Número de locomotoras circulantes por empresa ferroviaria. | • INGEI 2000.<br>• MTC - DGFC | |

Leyenda de Calidad:

- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Fuente. Elaboración propia.

El transporte ferroviario en el Perú, es a nivel nacional y cuenta con cinco empresas ferroviarias que realizaron actividad para el año 2005. Para el INGEI en ferrocarriles se están incluyendo tres empresas que representan el 71% del total de locomotoras que se encuentran en actividad.

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Número de locomotoras, por empresa ferroviaria:
b) La Dirección General de Ferrocarriles y Caminos, reporta el total de locomotoras, autovagón y autocarril; de los cuales se considera el número de locomotoras, debido a que son la parte del tren que contiene el motor para impulsar al tren.
   De las 84 locomotoras reportadas en el 2005, son 60 locomotoras[38] (4 de Ferrocarril Huancayo-Huancavelica, 28 de Central Andina y 28 de Southern) han sido consideradas en el INGEI 2005.
   El resto de locomotoras no son incluidas, debido que no se cuenta información de ellas (23 locomotoras de Ferrocarriles Transandino y una de Ferrocarril Tacna-Arica).
c) Consumo de Combustible de las locomotoras, por empresa ferroviaria:
   De las 60 locomotoras incluidas en el INGEI, solo se cuenta con información del consumo de combustible de 28 locomotoras:
   La empresa Ferrocarril Central Andino: reportó para sus 28 locomotoras en actividad, un consumo de 2,314,702 galones de diésel.

d) Ratio de consumo de combustible de las locomotoras:
   Para las cuatro y 28 locomotoras de Ferrocarril Huancayo-Huancavelica y de Southern Copper, no cuenta información de consumo de combustible, por lo tanto se ha utilizado el ratio de consumo de combustible (galones de combustible por total de locomotoras circulantes en el año) obtenido del INGEI 2000.
   Para obtener el consumo de combustible de las locomotoras para el año 2005 se multiplica el ratio por la cantidad de locomotoras que circularon durante el año 2005:

Tabla 57: Ratio de consumo de combustible de las locomotoras del INGEI 2000

| Empresa | Huancayo - Huancavelica | Southern Perú |
|---|---|---|
| Número de locomotoras año 2000 | 9 | 28 |
| Galones/año | 182,510 | 102,698.00 |
| **Ratio [Gal/locomotora]** | **20,278.89** | **3,667.79** |

Fuente: Elaboración propia

Así el consumo de combustible de la empresa Ferroviaria Huancayo-Huancavelica se logra de la multiplicación: 20,278.89 (Ratio) x 4 locomotoras = 81,116 galones de diésel. De la misma forma se estima para la empresa Southern Perú.

Tabla 58: Consumo de combustible en empresas ferroviarias

| Unidades de Locomotoras, Auto vagón y Autocarril | | Ratio [Gal/locomotora] | Combustible [gal] |
|---|---|---|---|
| Empresa y tipo de vehículo | N° locomotoras | | |
| **Ferrocarril Huancayo-Huancavelica** | | | |
| Locomotora | 4 | 20,278.89 | 81,115.56 |
| **Southern Perú Copper** | | | |
| Locomotora | 28 | 3,667.79 | 102,698 |

Fuente: Elaboración propia

[38] Fuente: MTC-DGFC (Parque Ferroviario, según empresa y tipo de vehículo, 2005-2013) que se detalla en InfoBase 1A3c del libro de trabajo del INGEI 2005

Cabe mencionar que las empresas Ferrocarril Transandino y Ferrocarril Tacna-Arica no han sido incluidas por falta de información en el INGEI 2000, por lo tanto tampoco podemos incluirlas en este INGEI, por la misma razón.

#### 4.2.3.3. Variables y Constantes

Para estimar las emisiones GEI es necesario tener un factor de conversión (TJ/unidad), este nos permite obtener el consumo de combustible quemado en unidades de energía (TJ), tal como se requiere para luego multiplicar con el factor de emisión y así obtener las emisiones GEI. Para lograr obtener este factor de conversión es necesario de las características de los combustibles, tales como VCN (Valor Calorífico Neto) y densidad de cada combustible comercializados en el Perú.

En esta subcategoría, el combustible utilizado es Diésel.

Respecto a las densidades y VCN de los combustibles mencionados a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 59: VCN de los combustibles en transporte ferroviario

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Diésel | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |

Tabla 60: Densidades de los combustibles en transporte ferroviario

| Tipo de combustible | Densidad | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Diésel B5 | 0.842 | Kg/L | Carta Formal de Petroperu |

Respecto a los factores de emisión de los combustibles mencionados, a continuación se presenta los factores de emisión a usar:

Tabla 61: Factores de emisión GEI para transporte ferroviario

| GEI | DIESEL (Kg/TJ) |
|---|---|
| $CO_2$ | 74,100 |
| $CH_4$ | 4,15 |
| $N_2O$ | 28,6 |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 3.43, cuadro 3.4.1

### 4.2.4. Transporte marítimo y fluvial

Se incluyen las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de transporte marítimo y fluvial. Esta subcategoría provoca emisiones de dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$). Para la elaboración del INGEI 2005, se ha considerado las siguientes fuentes:

***1A3di:*** *Navegación marítima internacional.*
***1A3dii:*** *Navegación marítima y fluvial.*

#### 4.2.4.1. Elección del nivel de cálculo

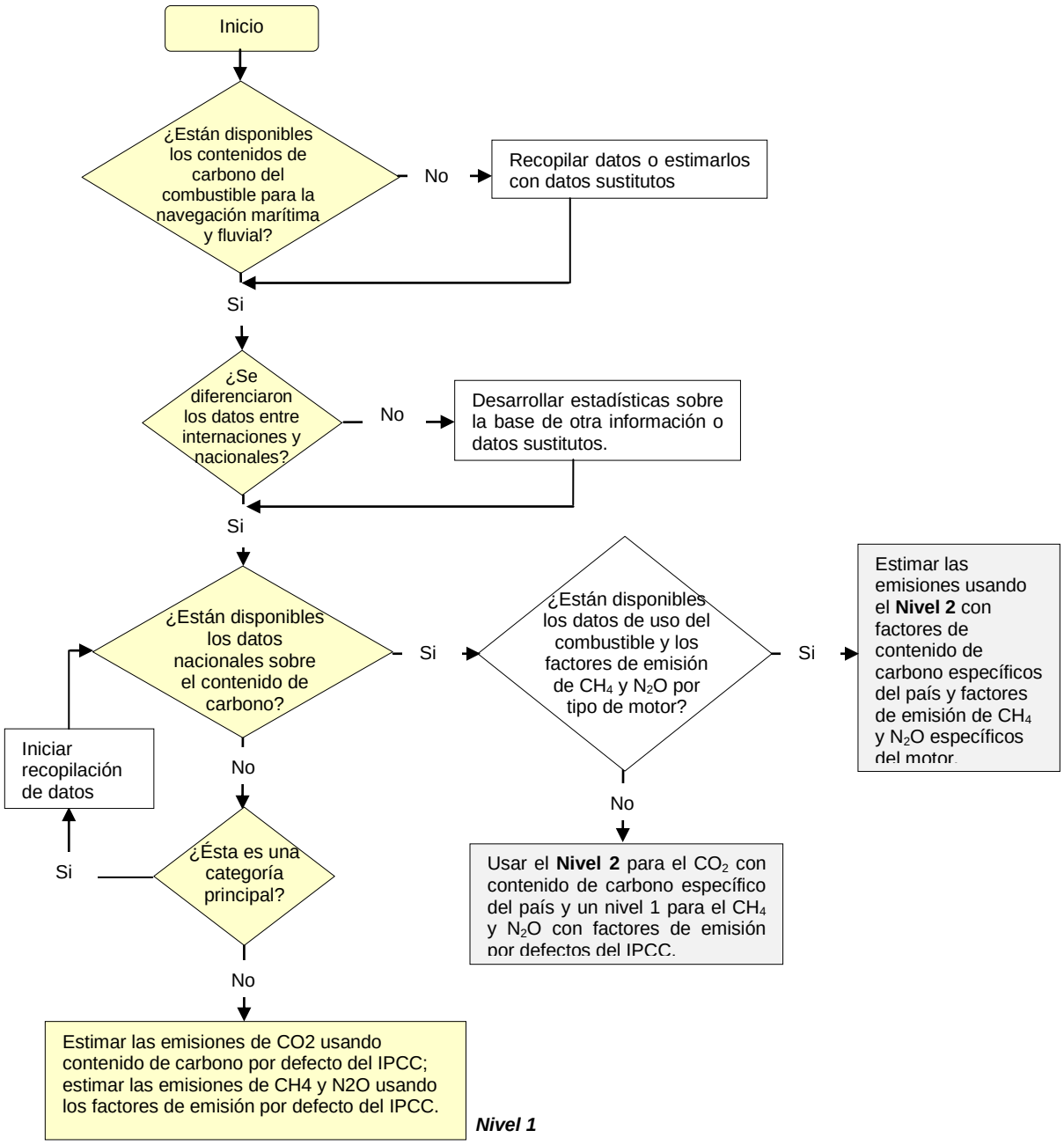
El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: Se estiman las emisiones usando los factores de emisión por defecto específicos del combustible, que las GL 2006 brinda y la cantidad combustible consumido.

Nivel 2: También utiliza el consumo de combustible, pero exige los factores de emisión específicos del país.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar qué nivel debe utilizarse para estimar las emisiones procedentes del transporte marítimo y fluvial:

Gráfico 39: Árbol de decisión para las emisiones de $CO_2$ procedentes de la navegación marítima y fluvial.




Fuente: GL 2006, volumen 2 – figura 3.5.1

Dado que la información disponible al año 2005 para la estimación de emisiones de esta subcategoría es el consumo de combustibles y el factor de emisión de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ por defecto del IPCC, y siguiendo los pasos del árbol de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación* 9: Para estimar las emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ en Transporte marítimo y fluvial.

$$\text{Emisiones} = \sum(Combustible\ Consumido_{ab}\ x\ Factor\ de\ emisión_{ab})$$

| | |
|---|---|
| *Emisiones* | *=Emisiones de $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$ (kg)* |
| *Combustible* | *=Combustible consumido en (TJ)* |
| *EF* | *=Factor de emisión (kg/Tj)* |
| *a* | *=Tipo de combustible.* |
| *b* | *=Tipo de navegación marítima y fluvial (es decir, barco o bote, etc )* |

*Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2, página 3.47 y Ecuación 3.5.1*

### 4.2.4.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI para la subcategoría transporte marítimo y fluvial:

Tabla 62: Nivel de Actividad de la subcategoría transporte marítimo y fluvial, año 2005

| Codificación | Nombre | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Energía | | | |
| 1A | Quema de combustibles | | | |
| 1A3 | **Transporte** | | | |
| 1A3d | Navegación Marítima y Fluvial | | | |
| 1A3d*i* | Navegación marítima internacional. | • combustible abastecido a naves (nacionales) en el Puerto Callao para el año 2005. | • APN (Autoridad Portuaria Nacional) de los años 2011 al 2014 | |
| 1A3d*ii* | Navegación marítima nacional. | • Combustible abastecido a naves (internacionales) en el Puerto Callao para el año 2005. | • APN (Autoridad Portuaria Nacional) de los años 2011 al 2014. | |
| | Navegación fluvial nacional. | • Ratio de consumo de combustible por número de naves. | • INGEI 2000. | |

Leyenda de Calidad:
No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Fuente: Elaboración propia

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

**Transporte Fluvial:**

a) Parque fluvial nivel nacional según vía, propiedad y tipo de nave: La Dirección General de Transporte Acuático (DGTA) del MTC, brindo la información del parque acuático para el año 2005:

Tabla 63: Parque de naves fluviales para el año 2005

| Vía, propiedad y tipo de nave | Número de naves |
|---|---|
| **Fluvial** | **572** |

| Vía, propiedad y tipo de nave | Número de naves |
|---|---|
| Estatal | 0 |
| Privado | 572 |
| Privado | 499 |
| Turístico privado | 73 |

Fuente. DGTA[39]

b) Ratio de consumo de combustible a transporte fluvial: Se hace uso de este indicador por no contar información del consumo de combustible para el año 2005. Este indicador de consumo de combustible se obtuvo del INGEI año 2000: ,

Tabla 64: Ratio de Consumo de combustible en transporte fluvial

| DESCRIPCION | N° de naves 2000 | Consumo Promedio (gal/N° naves) |
|---|---|---|
| ARTEFACTO FLUVIAL | 122 | 18,103 |
| EMPUJADOR FLUVIAL | 71 | 50,091 |
| BOTE FLUVIAL | 65 | 4,059 |
| EMBARCACIÓN FLUVIAL | 1 | |
| MOTONAVE FLUVIAL | 164 | 27,583 |

Fuente. INGEI 2000

Para obtener el consumo de combustible por tipo de transporte fluvial, primero se obtiene la participación de naves del año 2000 y este se multiplica por el número de naves fluviales del año 2012 y el ratio. Ejemplo para los botes fluviales se tiene: 15% (participación año 2000) x 572 (naves año 2005) x 4,059 (ratio) = 606 galones.

Tabla 65: Consumo de combustible 2005 – Transporte fluvial

| DESCRIPCION | N° de naves 2000 | Participación del 2000 [%] | Naves fluviales 2012 | Consumo Promedio (gal/N° naves) | Consumo de Combustible [gal] |
|---|---|---|---|---|---|
| ARTEFACTO FLUVIAL | 122 | 29% | 572 | 18,103 | 2,986,524 |
| EMPUJADOR FLUVIAL | 71 | 17% | | 50,091 | 4,809,210 |
| BOTE FLUVIAL | 65 | 15% | | 4,059 | 356,770 |
| EMBARCACIÓN FLUVIAL | 1 | 0% | | | 0 |
| MOTONAVE FLUVIAL | 164 | 39% | | 27,583 | 6,117,036 |

Fuente: Elaboración propia.

**Transporte Marítimo**

a) Estimación de Combustible abastecido[40] (consumido) en los puertos del Perú, por las naves marítimas para actividades nacionales, para el año 2005.
La APN, cuenta con información a partir del año 2011 hacia adelante (20114), por lo tanto para estimar el consumo de combustible para los años anteriores, se ha realizado un promedio de los tres últimos años de consumo, ejemplo para obtener el año 2010 se ha tomado el promedio de los valores de los años 2013 al 2011, para la obtención de información del año 2009, se promedió los años 2012 al 2010, y así sucesivamente hasta llegar al año 2005:

Tabla 66: Consumo de combustible estimado en navegación marítima nacional – Puerto Callao

| Combustibles | IFO'S [TM] | DIESEL'S [TM] |
|---|---|---|
| Año 2014 | 257,306 | 11,202 |

[39] Detallado en InfoBase 1A3d (*parque acuático según vía, propiedad y tipo de nave, 2003-2013*) del libro de trabajo del INGEI 2012

[40] Información proporcionada por APN (años 2011, 2012, 2013 y 2014), va adjunto en la carpeta de InfoPrev 1A3d

| | | |
|---|---|---|
| Año 2013 | 442,188 | 133,521 |
| Año 2012 | 438,439 | 23,060 |
| Año 2011 | 397,692 | 28,535 |
| Año 2010 | 426,106 | 25,797 |
| Año 2009 | 420,746 | 27,166 |
| Año 2008 | 414,848 | 26,482 |
| Año 2007 | 420,567 | 26,824 |
| Año 2006 | 418,720 | 26,653 |
| Año 2005 | 418,045 | 26,738 |

Fuente. APN (Autoridad Portuaria Nacional).

Para estimar el combustible abastecido en los demás puertos nacionales, se realizó la misma actividad descrita anteriormente para el puerto del Callao (Todas las actividades de estimación se encuentran adjuntas en la carpeta de InfoPrev 1A3d).

Tabla 67: Consumo de combustible en navegación marítima nacional – Otros puertos

| Puerto | Diésel [TM] |
|---|---|
| Ilo | 255.53 |
| Matarani | 304.93 |
| Paita | 346.68 |
| Pisco | 835.90 |
| Salaverry | 246.09 |
| TOTAL | 1,989 |

Fuente. APN (Autoridad Portuaria Nacional).

Luego de estimar el combustible abastecido en el puerto del Callao y los demás puertos nacionales para el año 2005, se distribuye el 15.9% para la navegación marítima Nacional y el resto para la navegación marítima internacional, este porcentaje utilizado es obtenido del INGEI 2012.

### 4.2.4.3. Variables y Constantes

Para estimar las emisiones GEI es necesario tener un factor de conversión (TJ/unidad), este nos permite obtener el consumo de combustible quemado en unidades de energía (TJ), tal como se requiere para luego multiplicar con el factor de emisión y así obtener las emisiones GEI. Para lograr obtener este factor de conversión es necesario de las características de los combustibles, tales como VCN (Valor Calorífico Neto) y densidad de cada combustible comercializados en el Perú.

En esta categoría, los combustibles utilizados son Diésel, Gasolina e IFO´S.

Respecto a las densidades y VCN de los combustibles mencionados a continuación se los valores usados:

Tabla 68: VCN de los combustibles en transporte marítimo y fluvial

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Diésel | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |
| Gasolina | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |
| IFO 380 | 10,531 | Kcal/Kg | http://www.energypiagroup.com/pdf/ficha_tecnica_ifo_380.pdf Pág. 3 |

Tabla 69: Densidades de los combustibles en transporte marítimo y fluvial

| Tipo de combustible | Densidad Inferior | Densidad Superior | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Diésel | 0.845 | | Kg/L | Carta Formal de Petroperu |
| Gasolina | 0.708 | 0.719 | g/Cm$^3$ | http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/ Ficha de seguridad: PDF: Gasohol 84, pág. 4. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IFO 380 | 991 | | Kg/$m^3$ | http://www.enap.cl/pag/119/1003/petroleo_uso_marino |

Respecto a los factores de emisión de los combustibles mencionados, a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 70: Factores de emisión GEI para transporte marítimo y fluvial

| Tipo de combustible | $CO_2$ [kg/TJ] | $CH_4$ [kg/TJ] | $N_2O$ [kg/TJ] |
|---|---|---|---|
| Gasolina | 69,300 | 7 | 2 |
| Diésel | 74,100 | 7 | 2 |
| Fuelóleo residual | 77,400 | | |
| Transatlánticos[41] | | 7 | 2 |

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 3.50

### 4.2.5. Otro tipo de transporte

Se incluyen las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de:

***1A3ei:***.transporte por gaseoductos.

Esta fuente mencionada se reporta en la subcategoría **"1A3e"** y provocan emisiones de dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$) y óxido nitroso ($N_2O$)

#### 4.2.5.1. Elección del nivel de cálculo

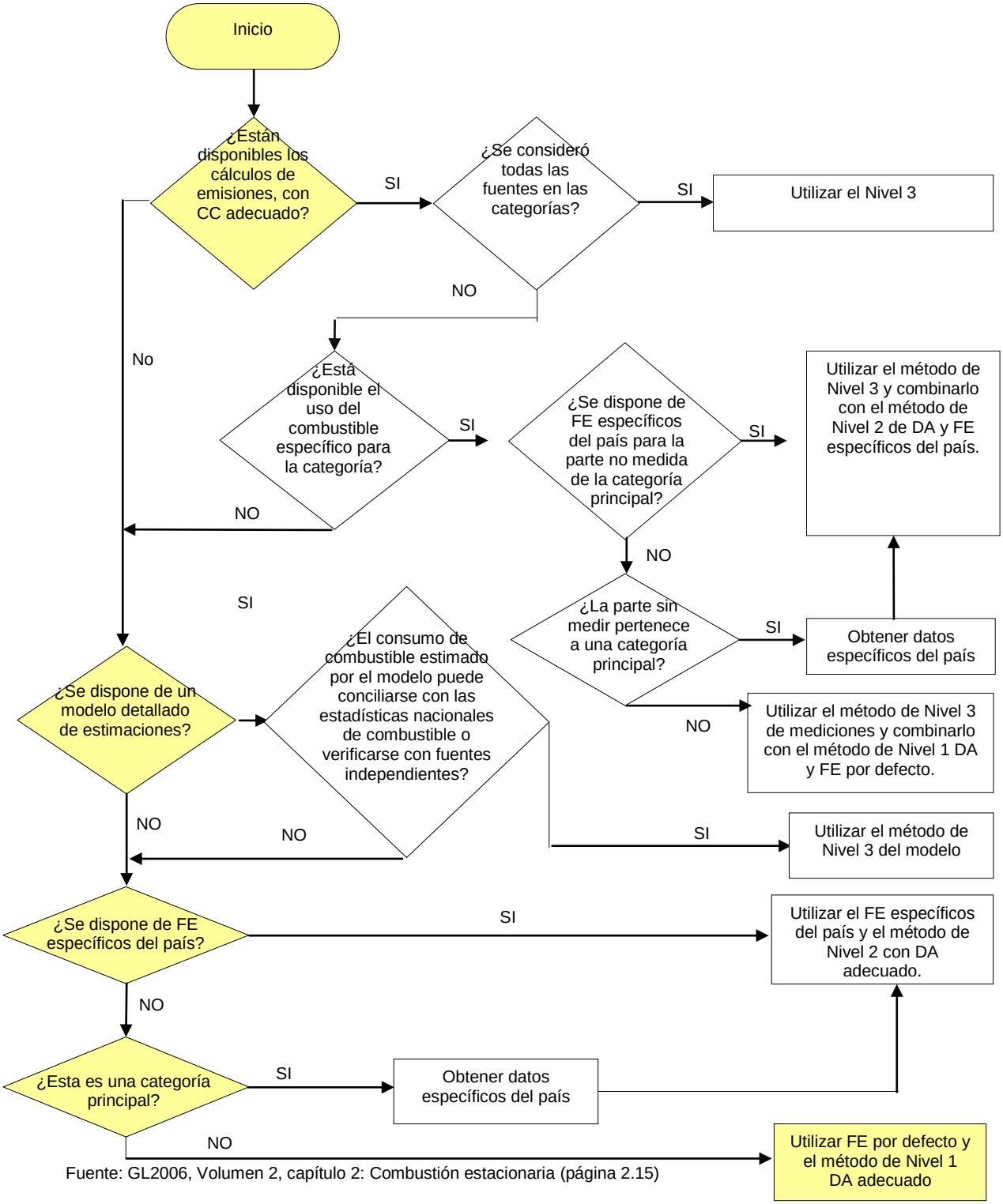
Transporte por gaseoductos

- Nivel 1: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía y de los factores por defecto de emisión
- Nivel 2: quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía, junto con los factores de emisión específicos del país, en lo posible, derivados de las características nacionales del combustible.
- Nivel 3: estadísticas del combustible y datos relativos a las tecnologías de combustión aplicados juntamente con los factores de emisión específicos de la tecnología; incluye el uso de modelos y datos de las emisiones del nivel de las instalaciones, si están disponibles.

El nivel de cálculo se selecciona de acuerdo al siguiente diagrama de decisión:

[41] Valores por defecto derivados para los motores diésel que utilizan fuelóleo pesado.

Gráfico 40: Diagrama de decisión para fuentes estacionarias en Energía




Fuente: GL2006, Volumen 2, capítulo 2: Combustión estacionaria (página 2.15)

Leyenda
CC: Control de calidad
DA: Datos del nivel de actividad
FE: factores de emisión

Nota: una categoría principal es la fuente que reporta mayores emisiones de GEI en un INGEI.

De acuerdo al árbol de decisión, el método seleccionado sería el Nivel 1, este requiere para la fuente de “Transporte por gaseoductos”.

- Cantidad de combustible quemado en las bombas para impulsar el combustible por tuberías.
- Factor de emisión por defecto, para cada uno de los GEI incluidos en el sector: $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$

Las ecuaciones aplicadas par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, son los siguientes:

Ecuación 10: emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria

$$Emisiones_{GEI,\ combustible} = Consumo\ combustible_{combustible} \bullet Factor\ de\ emisión_{GEI,\ combustible}$$

Dónde:

$Emisiones_{GEI,\ combustible}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero por tipo de combustible (kg GEI)

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

$Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible ($kg_{GEI}$/TJ)

Fuente: GL2006 –volumen 2: Energía, pág. 2.11

### 4.2.5.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la subcategoría Otro tipo de transporte:

Tabla 71: Nivel de Actividad de la subcategoría Otro tipo de transporte, año 2005

| Codificación | | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | Energía | | | |
| | 1A | | | | Quema de combustibles | | | |
| | | 1A3 | | | **Transporte** | | | |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | | | |
| | | | | 1A3e*i* | Transporte por gaseoductos. | • Consumo de combustible en bombas para el transporte de petróleo crudo por oleoductos | • Anuario 2005 - DGE - MINEM | |

Leyenda de Calidad:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

Transporte por gasoducto

Cabe mencionar que el Perú se transporta vía oleoductos el petróleo crudo, a cargo Petroperú y que cuenta con información del consumo de combustible en las bombas. Mientras que el trasporte de gas natural y gas licuado de petróleo, a cargo TGP (Trasportadora de Gas del Perú), no se cuenta con información de consumo de combustible en el ducto.

a) Consumo de combustible en bombas para transporte de petróleo crudo por el Oleducto Norperuano: empresa Petroperú a través del Oleoducto Norperuano realiza el transporte del petróleo crudo que se extrae de los campos petrolíferos de la zona de Andoas., para la cual necesita de bombas para transportar el combustible:

**Bombas principales:**
*Bombas centrífugas accionadas por turbinas a gas (turbo-bombas). El Oleoducto tiene instaladas 22 bombas principales para impulsar el petróleo, 17 de las cuales son accionadas por turbinas marca Ruston y 5 por motores Cartepillar.*
*Dieciséis turbinas son de 4.000 hp de potencia instalada en la **Estación 1**, donde existe también una motobomba Caterpillar de 825 hp.*
*En la **Estación 5** hay tres turbobombas. En la **Estación 9** son necesarias cinco para hacer ascender al petróleo hasta los 2.390 metros sobre el nivel del mar, altura del Paso de Porculla, en la cordillera de los Andes.*
*Las **Estaciones 6, 7, 8 y Andoas** tienen dos turbobombas, mientras que la Estación Morona cuenta con 2 motobombas Caterpillar-Birgham y 2 motobombas Caterpillar-Ingersoll Rand.*
Fuente: http://www.petroperu.com.pe/portalweb/Main.asp?seccion=76

Esta información es obtenida del anuario estadístico de electricidad 2005 de la Dirección General de Electricidad (DGE) del Ministerio de Energía y Minas, correspondiente al año 2005:

Tabla 72: Consumo de combustible para Transporte por Gaseoductos

| Empresa | Central | Tipo de Combustible | Total (gal) |
|---|---|---|---|
| Petróleos del Perú - Petroperú S.A. | C.T. ANDOAS | Diésel | 199,350 |
| | C.T BAYOVAR | Diésel | 132,882 |
| | C.T. ESTACION 1 | Diésel | 148,139 |
| | C.T. ESTACION 5 | Diésel | 211,753 |
| | C.T. ESTACION 6 | Diésel | 46,854 |
| | C.T. ESTACION 7 | Diésel | 30,026 |
| | C.T. ESTACION 8 | Diésel | 70,579 |
| | C.T. ESTACION 9 | Diésel | 90,968 |
| | C.T. ESTACION MORONA | Diésel | 34,034 |
| **TOTAL** | | | **964,585** |

Fuente. Anuario Estadístico de electricidad año 2005, página 258, Anexo 7

Cabe mencionar que el Perú se transporta vía oleoductos el petróleo crudo, el cual lo tiene a cargo Petroperú y que cuenta con información del consumo de combustible en las bombas. Mientras que el trasporte de gas natural y gas licuado de petróleo, que lo tiene a cargo TGP (Trasportadora de Gas del Perú) no se cuenta con información.

### 4.2.5.3. Variables y Constantes

Para estimar las emisiones GEI es necesario tener un factor de conversión (TJ/unidad), este nos permite obtener el consumo de combustible quemado en unidades de energía (TJ), tal como se requiere para luego multiplicar con el factor de emisión y así obtener las emisiones GEI. Para lograr obtener este factor de conversión es necesario de las características de los combustibles, tales como VCN (Valor Calorífico Neto) y densidad de cada combustible comercializados en el Perú.

En esta categoría, los combustibles utilizados es Diésel. Respecto a las densidades y VCN de los combustibles mencionados a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 73: VCN de los combustibles en otro tipo transporte

| Tipo de combustible | VCN | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Diésel | 0.04 | GJ/kg | Carta Formal de Petroperu |

Tabla 74: Densidades de los combustibles en otro tipo de transporte

| Tipo de combustible | Densidad 1 | Densidad 2 | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Diésel | 0.842 | | Kg/L | Carta Formal de Petroperu |

Respecto a los factores de emisión de los combustibles para transporte por gasoductos, a continuación se presenta los valores usados:

Tabla 75: Factores de emisión GEI de consumo de combustible utilizado para transporte por gaseoducto

| Tipo de combustible | $CO_2$ [kg/TJ] | $CH_4$ [kg/TJ] | $N_2O$ [kg/TJ] |
|---|---|---|---|
| Gas/Diésel | 74100 | 3 | 0.6 |

Fuente: GL2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 – 2.17

## 4.3. Procesos industriales y uso de productos

Las emisiones de GEI provenientes del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) han sido estimadas aplicando las GL 2006. Las categorías, subcategorías y fuentes incluidas en el sector PIUP, se listan en la siguiente tabla:

Tabla 76: Categorías, subcategorías y fuentes del sector Procesos Industriales y Uso de Productos

| Codificación | | | | | Descripción | Categorización INGEI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | | | | **Procesos Industriales y uso de productos** | **Sector** |
| | 2A | | | | **Industria de los minerales** | **Categoría** |
| | | 2A1 | | | Producción de cemento | Sub categoría |
| | | 2A2 | | | Producción de cal | Sub categoría |
| | | 2A3 | | | Producción de vidrio*1 | Sub categoría |
| | | 2A4 | | | Otros uso de carbonatos en los procesos | Sub categoría |
| | | | 2A4a | | Cerámicas (ladrillos) | Fuente |
| | | | 2A4b | | Otros usos de ceniza de sosa | Fuente |
| | | 2A5 | | | Otros*1 | Sub categoría |
| | 2B | | | | **Industria química** | **Categoría** |
| | | 2B1 | | | Producción de amoniaco | Sub categoría |
| | | 2B2 | | | Producción de ácido nítrico*1 | Sub categoría |
| | | 2B3 | | | Producción de ácido adípico*1 | Sub categoría |
| | | 2B4 | | | Producción de caproalactama, glyoxal y ácido glyoxílico*1 | Sub categoría |
| | | 2B5 | | | Producción de carburo*2 | Sub categoría |
| | 2C | | | | **Industria de los metales** | **Categoría** |
| | | 2C1 | | | Producción de hierro y acero | Sub categoría |
| | | 2C2 | | | Producción de ferroaleaciones*1 | Sub categoría |
| | | 2C3 | | | Producción de aluminio | Sub categoría |
| | | 2C4 | | | Producción de magnesio*1 | Sub categoría |
| | | 2C5 | | | Producción de Plomo | Sub categoría |
| | | 2C6 | | | Producción de cinc*1 | Sub categoría |

Fuente: Elaboración propia

*1 No se incluyen en el INGEI, puesto que no se cuenta con información de nivel de actividad.
*2 En el Perú solo se ha identificado la producción de carburo de calcio, más no la de carburo de silicio. Si bien se denomina "Producción de carburo", esta subcategoría también incluye el uso del carburo.

### 4.3.1. Industria de los minerales

De acuerdo a la GL 2006[42], en esta categoría se incluye las emisiones por las siguientes fuentes:

- *2A1 Producción de cemento*
- *2A2 Producción de cal*
- *2A3 Producción de Vidrio* [43]
- *2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos*
  - *2A4a Cerámicas (Uso de la calcita / dolomita en la producción de ladrillos)*
  - *2A4d Otros (Producción de carbonato de sodio)*
- *2A5 Otros* [43]

[42] Archivo adjunto en Anexo P, "Reporting Guidance.pdf" página 8.19

[43] No se ha incluido en el presente informe por carecer de información de producción nacional

En la siguiente tabla se puede visualizar la información de cada fuente de esta categoría como su procedencia o fuente así como la calidad de datos obtenida.

Tabla 77: Industria de los minerales, procedencia y calidad de información

| Codificación | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| **2** | **Procesos Industriales y uso de productos** | | | |
| **2A** | **Industria de los minerales** | | | |
| 2A1 | Producción de cemento | - Producción de clínker<br>- Composición de clínker | Empresas cementeras | |
| 2A2 | Producción de cal | Producción de cal | PRODUCE (Prod. Cal 1995 – 2000) | Proyección de información al 2005 |
| 2A3 | Producción de vidrio | | | |
| 2A4 | Otros uso de carbonatos en los procesos | | | |
| 2A4a | Cerámicas (ladrillos) | Producción de ladrillos | Compendio Estadístico 2014 - INEI | |
| 2A4b | Otros usos de ceniza de sosa | Uso de carbonato de sodio | Sociedad Nacional de Industrias 2000 - 2010, SNI – Informe Situacional | |
| 2A5 | Otros | | | |

Leyenda de Calidad:

- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.1. Producción de cemento

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan en la producción de clínker[44].

#### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: se solicita la producción de cemento, donde el porcentaje de clínker es por defecto (86%). El factor de emisión utilizado es el de por defecto.

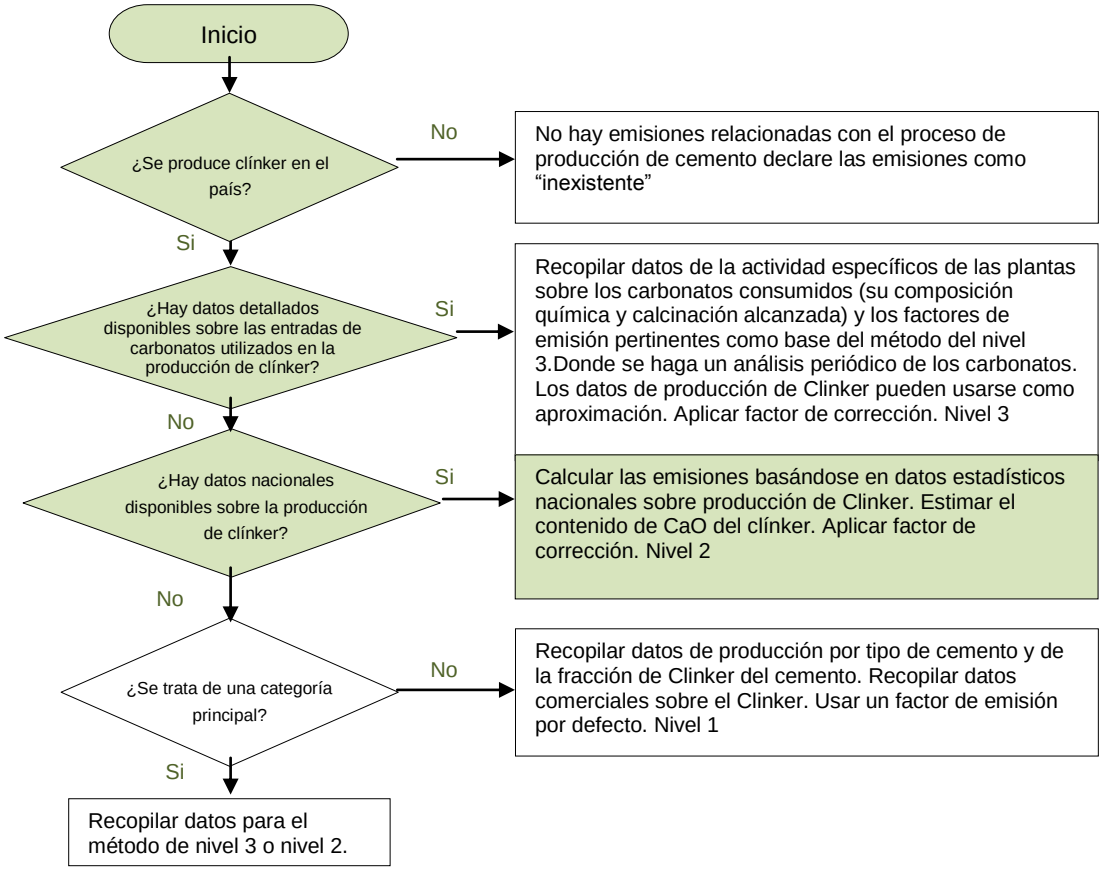
Nivel 2: se recopila la información de producción de clínker, el factor de emisión puede ser por defecto o calculado en base a la composición de la masa.

Nivel 3: las emisiones GEI son calculadas en base a todas las entradas de carbonatos que se aplica a todas las fuentes de materias primas y combustibles, así como, los datos específicos de la planta.

[44] Producto intermedio sometido a molturación fina, mezclado con una pequeña porción de sulfato de calcio (yeso: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ o anhidruro: $CaSO_4$) para formar cemento hidráulico (usualmente cemento portland)

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *41*: Árbol de decisión para la estimación de las emisiones de $CO_2$ procedentes de la producción de cemento




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.10, figura 2.1

Dado que la información disponible al 2005 para la estimación de emisiones GEI de esta categoría es la producción de clínker y su composición -directamente entregado por las empresas- , de acuerdo a lo que se describe en las OBP*2000* [45] y siguiendo los pasos del árbol de decisiones: el Nivel 2 es el método de cálculo correcto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 2, es el siguiente:

*Ecuació*n 11: Emisiones de CO2 provenientes por la Producción de cemento

$$Emisiones_{CO_2e} = FE_{Clinker} \times Producción_{Clinker} \times FC_{CKD}$$

Donde:

*FC: Factor de corrección*
*CKD: Polvo de horno de cemento*
*$FE_{clínker}$: Factor de emisión*
*Emisiones $_{CO2e:}$ Emisiones Gases de Efecto Invernadero toneladas de dióxido de carbono equivalentes*
*Producción $_{clínker}$: Nivel de actividad o producción de clínker.*

[45] Guía de buenas prácticas 2000, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.10 y Ecuación 2.2

### Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de cemento es:

a) *Producción de clínker:* Cantidad de *clínker* producida por empresa cementera. esta información ha sido derivada por las empresas cementeras: UNACEM (Cementos Lima y Cementos Andino), Cementos Inka, Cementos Pacasmayo (Planta Pacasmayo), Cementos Pacasmayo (Planta Rioja – Cementos Selva) y la empresa Cementos Yura (incluye la empresa Cementos SUR, subsidiaria de Cementos Yura,). Esta información representa el 100% de la producción nacional.

b) *Composición del clínker,* La participación del carbonato de calcio ($\%_{CaCO3}$) es necesaria para determinar un factor de emisión del clínker personalizado, de no contar con esta información se puede utilizar el factor de emisión por defecto para este nivel 2. En este caso todas las cementeras brindaron esta información a excepción de Cementos Pacasmayo (Planta Pacasmayo y Planta Rioja) por lo que se determinó la composición con promedio de las demás cementeras. En las siguientes tablas se muestra la información recopilada:

Tabla 78: Producción de clínker por tipo

Producción de clínker

| Empresa \ Tipo de clínker | Tipo I | Tipo II | Tipo V | Tipo IBA | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| UNACEM - Cementos Lima (Planta de Atocongo) | 1,822,138.00 | 274,042.00 | 45,645.00 | 434,080.00 | 2,575,905.00 |
| UNACEM - Cementos Andino (Planta de Condorcocha) | 840,318.00 | - | 42,445.00 | - | 882,763.00 |
| Cementos Pacasmayo (Planta Pacasmayo) | 547,149.00 | - | 27,819.00 | - | 574,968.00 |
| Cementos Pacasmayo (Cementos Selva - Planta Rioja) | 97,214.00 | - | - | - | 97,214.00 |
| Cementos Inka | - | - | - | - | - |
| Cementos Yura / Cementos Sur | 364,216.90 | - | 18,376.20 | - | 382,593.10 |
| **Total** | 3,671,035.90 | 274,042.00 | 134,285.20 | 434,080.00 | 4,513,443.10 |

Fuente: Empresas Cementeras del Perú

Tabla 79: Porcentaje del carbonato en el clínker por tipo

Participación del carbonato de calcio [ $\%_{CaCO3}$ ]

| Empresa \ Tipo de clínker | Tipo I | Tipo II | Tipo V | Tipo IBA |
|---|---|---|---|---|
| UNACEM - Cementos Lima (Planta de Atocongo) | 98.79% | 93.97% | 91.28% | 94.05% |
| UNACEM - Cementos Andino (Planta de Condorcocha) | 92.00% | 0.00% | 88.00% | 0.00% |
| Cementos Pacasmayo (Planta Pacasmayo) | 95.40% | 0.00% | 89.64% | 0.00% |
| Cementos Pacasmayo (Cementos Selva - Planta Rioja) | 95.40% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Cementos Inka | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Cementos Yura / Cementos Sur | 94.70% | 0.00% | 94.60% | 0.00% |

Fuente: Empresas Cementeras del Perú

Es importante mencionar que las empresas cementeras también entregaron la cantidad de cemento por tipo, con su respectivo porcentaje de clínker en la mezcla. Sin embargo, esta información serviría para un Nivel 1 de cálculo, estimando la cantidad de clínker producida en el país, a partir de la multiplicación de la cantidad de cemento por tipo, con su respectivo porcentaje de clínker en la mezcla.

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de $CO_2$ en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 2, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 80: Variables y constantes, Producción de cemento

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Contenido de $CaCO_3$ | 95% | $\%CaCO_3$-defecto | GL2006, Volumen 3, página 2.15 (párrafo 1) |
| Factor de corrección | 1.02 | $CF_{CKD}$ | GL2006, Volumen 3, página 2.13, Ecuación 2.4 |
| Composición CaO | 65% | %CaO-defecto | GL2006, Volumen 3, página 2.13 (párrafo 1) |
| Factor de emisión del clínker | 0.5100 | $tCO_2$/tcl-defecto | GL2006, Volumen 3, página 2.13 ecuación 2.4 |

El factor de emisión del clínker, para cada empresa y tipo de cemento, se calculó en base a los valores teóricos mostrados en la tabla anterior y la información proporcionada por las empresas cementeras del Perú, tal como se describe en los siguientes pasos:

Paso 1: calcular el porcentaje del CaO por tipo de clínker, a partir de los valores teóricos –contenido de $CaCO_3$ y composición de CaO- de la tabla anterior y la información proporcionada por las cementeras de:

- Porcentaje de carbonato de calcio ($\%CaCO_3$) por cada tipo clínker

Así, por regla de tres simple, se tiene:

$$\%_{CaO\text{-}calculado} = (\%_{CaCO3\text{-}DATA} \div \%_{CaCO3\text{-}defecto}) \times \%_{CaO\text{-}defecto}$$

Dónde:

| | | |
|---|---|---|
| $\%_{CaO\text{-}calculado}$ | : | % de CaO a calcular |
| $\%_{CaCO3\text{-}DATA}$ | : | % de $CaCO_3$ proporcionada por las empresas cementeras |
| $\%_{CaCO3\text{-}defecto}$ | : | % de $CaCO_3$ para el valor de %CaO por defecto (95%, según GL2006) |
| $\%_{CaO\text{-}defecto}$ | : | % de CaO para el valor de $\%CaCO_3$ por defecto (65%, según GL2006) |

Paso 2: calcular el factor de emisión de dióxido de carbono por tonelada de clínker ($FE_{clinker}$), a partir de los valores teóricos de la tabla ($FE_{defecto}$ = 0.51 y $\%_{CaO\text{-}defecto}$ = 65%) y el % de CaO estimado en el paso 1

Así, por regla de tres simple, se tiene:

$$FE_{clinker} = (\%_{CaO\text{-}calculado} \div \%_{CaCO3\text{-}defecto}) \times FE_{defecto}$$

Finalmente se aplica el factor de corrección CDK (1.02), obteniendo el factor de emisión –por la producción de clínker- por tipo de cemento y cementera.

#### 4.3.1.2. Producción de cal

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan al calentar la piedra caliza en hornos a altas temperaturas para obtener los carbonatos.

#### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

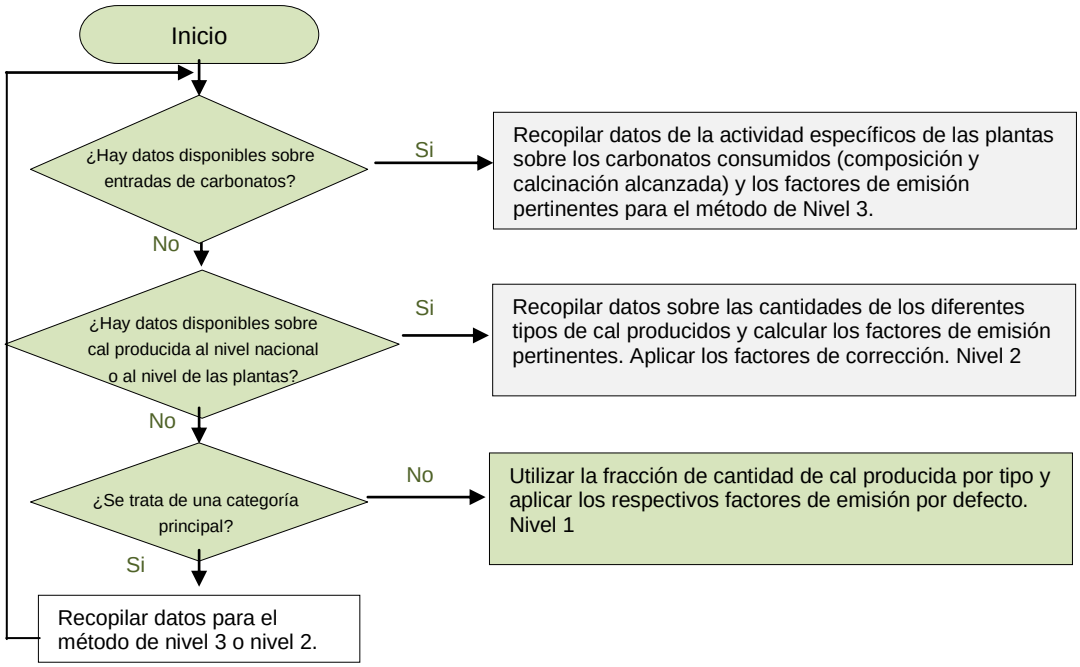
Nivel 1: se recopila la producción nacional de cal y se utiliza el factor de emisión por defecto.

Nivel 2: se recopila la producción nacional de cal por tipo y se aplica el factor de emisión correspondiente por cada tipo de cal.

Nivel 3: se recopila la información de específicos de la planta, como tipos y entrada de carbonatos consumidos para producir cal. Se aplica el factor de emisión por cada tipo de carbonato.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico 42: Árbol de decisión para la estimación de las emisiones de $CO_2$ provenientes de la producción de cal




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.23, figura 2.2

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de cal -y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica*- el método adecuado en la fuente de producción de cal es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de cal y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación* 12: Emisiones de CO2 provenientes por la producción de cal

$$Emisiones_{CO_2e} = FE_{Cal} \times Producción_{Cal}$$

Donde:

*$FE_{cal}$: Factor de emisión*
*Emisiones $_{CO2e}$: Emisiones Gases de Efecto Invernadero toneladas de dióxido de carbono equivalentes*
*Producción $_{cal}$: Nivel de actividad o producción de cal.*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.23

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de cal es:

Producción de cal: Cantidad de cal producida a nivel nacional. Esta información ha sido proyectada en base a la información de INEI (Producción de cal 1995 - 2000). En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 81: Producción de cal

| Toneladas producidas |
|---|
| 153,470.93 |

Fuente: Producción de cal 1995 - 2000 [46]

Es importante mencionar que la información recopilada corresponde sólo a las empresas formales productoras de cal. De acuerdo a los comentarios del personal de PRODUCE, existen productoras de cal (caleras) que operan de manera informal; de estas productoras no se tiene información del nivel de actividad (producción de cal).

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1 (factor de emisión por defecto), son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 82: Variables y constantes, Producción de cal

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| $FE_{cal}$ | 0.7665 | $tCO_2/tcal$ | GL2006, Volumen 3, página 2.25, ecuación 2.8 |

## 4.3.1.3. Otros usos de carbonatos en los procesos (cerámica: producción de ladrillos)

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan como resultado de la calcinación de las materias primas, usadas para la fabricación de productos de cerámica, a altas temperaturas en un horno, lo que produce óxidos y $CO_2$.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: se supone que solo la piedra caliza y dolomita se usan como entradas de carbonatos en el proceso, utilizándose el factor de emisión por defecto.

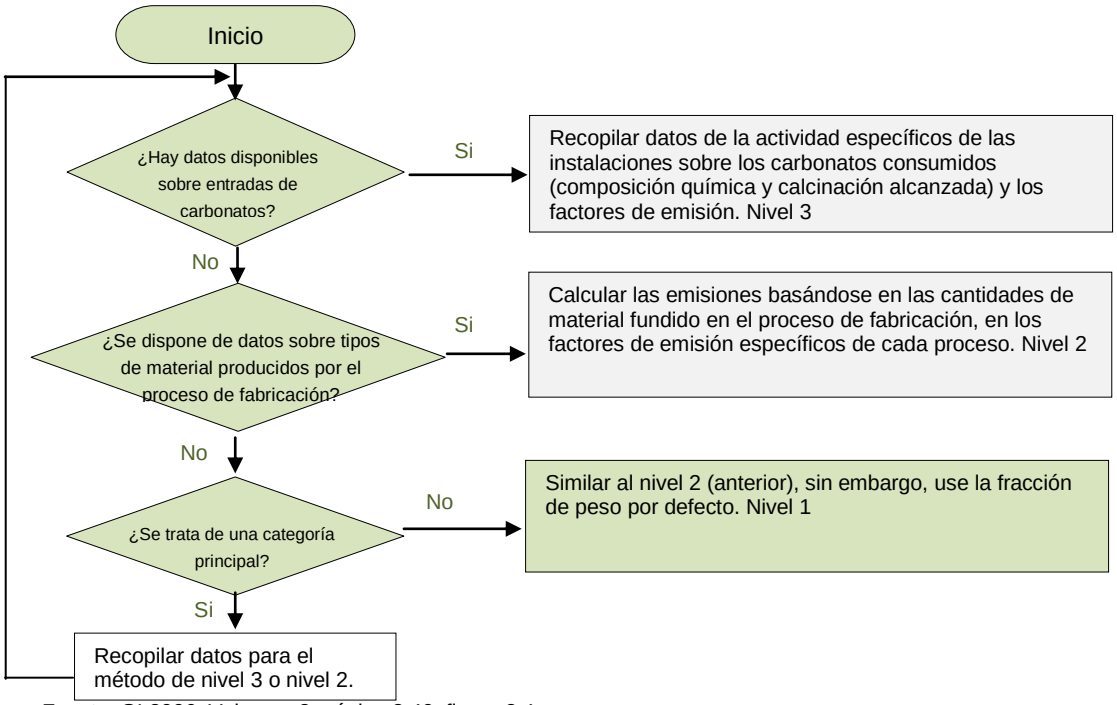
Nivel 2: se usa la piedra caliza y dolomita como únicas entradas, pero en este nivel se utiliza el fracción de cada uno se determina de acuerdo a la información nacional.

Nivel 3: se usa todos los usos de carbonatos que producen emisiones.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

[46] Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap15/ind15.htm

Gráfico 43: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CO_2$ por el uso de piedra caliza/dolomita




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.40, figura 2.4

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose el uso de piedra caliza / dolomita y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente del uso de la piedra caliza / dolomita y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada para la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación* 13: Emisiones de CO2 provenientes de Uso de piedra caliza / dolomita

$$Emisiones_{CO_2e} = M_c \times (0.85\, FE_{ls} + 0.15\, FE_d)$$

Dónde:

*Mc:* *Carbonato producido*
*FEls:* *Factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza*
*FEd:* *Factor de emisión para la calcinación de la dolomita*
*Emisiones $_{CO2e:}$ Emisiones Gases de Efecto Invernadero toneladas de dióxido de carbono equivalentes*

*Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.33*

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de ladrillos es:

Producción de cal: se considera como nivel de actividad la cantidad de cal, producida a nivel nacional. La información de la producción es tomada del Compendio Estadístico del INEI 2014.

Tabla 83: Uso de piedra caliza/dolomita

| Producción de caliza /dolomita [ t ] |
|---|
| 7,385,175.52 |

Fuente: Compendio Estadístico 2014 – INEI[47]

Porcentaje de la producción de cal destinada a la producción de ladrillos: El porcentaje de la producción destinado a la fabricación de ladrillos (un tipo de cerámica) fue tomado de la Actualización 2009 del INGEI (en el marco del Plan CC), en base a las estimaciones de "Apoyo Consultoría"

En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 84: Porcentaje de la producción de cal destinada a la producción de ladrillos

| Porcentaje de caliza en ladrillos ( % ) |
|---|
| 4.54 % |

Fuente: Actualización del INGEI 2009 (Plan CC)

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 85: Variables y constantes, Uso de caliza / dolomita

| Variable | Valor (por defecto) | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión | 0.47732 | t $CO_2$/t $_{caliza/\ dolomita}$ | GL2006, Volumen 3, página 2.7, Cuadro 2.1 |

## 4.3.1.4. Otros usos de carbonatos en los procesos (otros usos de ceniza de sosa)

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan al usarse el carbonato de sodio (ceniza de sosa: $Na_2CO_3$) en la producción de vidrio, jabones y detergentes.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: se supone que solo el carbonato de sodio se usa como entrada en el proceso, utilizándose el factor de emisión por defecto.

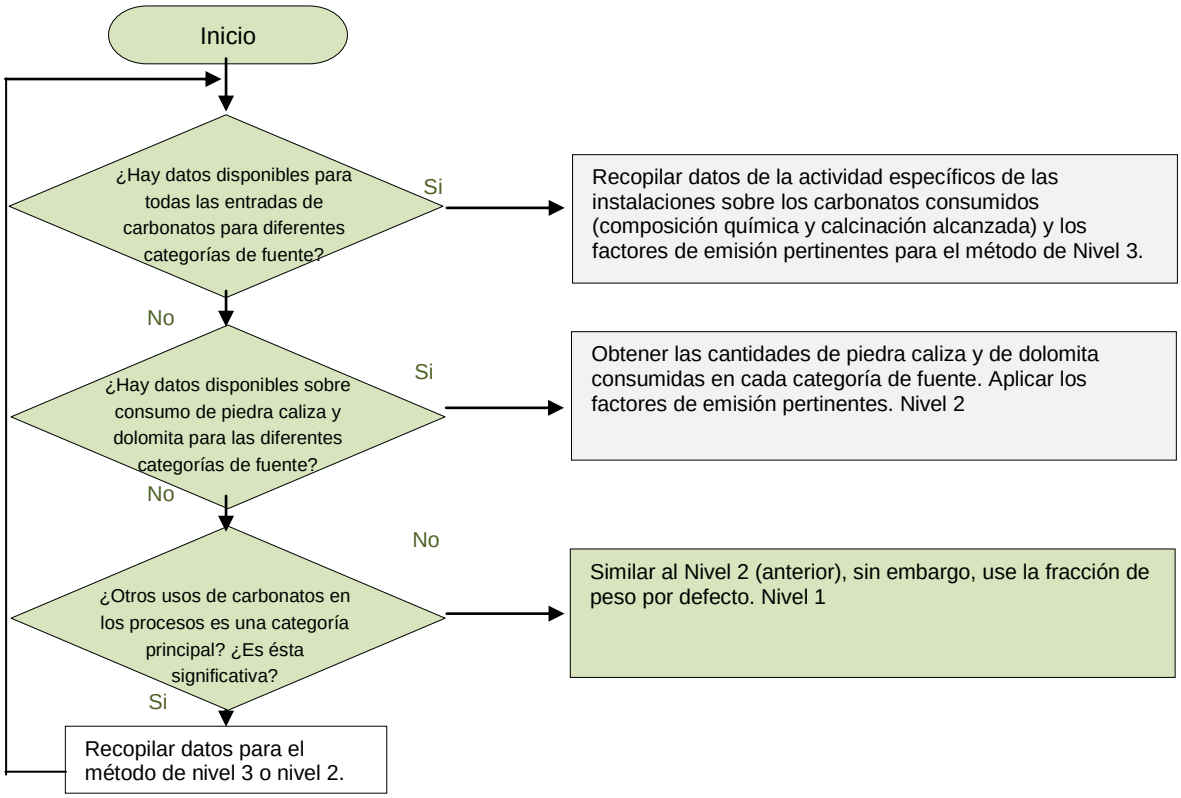
Nivel 2: igual que el nivel 1 se usa el carbonato de sodio como única entrada, pero en este nivel se utiliza la fracción de cada uno se determina de acuerdo a la información nacional.

Nivel 3: se usa todos los usos de carbonatos que producen emisiones.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

[47] Disponible en: (http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap14/ind14.htm) Sección Minería e Hidrocarburos, Índice 20.

Gráfico *44*: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CO_2$ por la producción de carbonato de sodio




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.40, figura 2.4

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose el uso de carbonato de sodio y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de uso de carbonato de sodio es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente del uso de carbonato de sodio y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada para la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 14: Emisiones de $CO_2$ proveniente por el Uso de carbonato de sodio

$$Emisiones_{CO_2e} = M_c \times FE_c$$

Dónde:

*Mc:* *Carbonato producido*
*FEc:* *Factor de emisión del carbonato*
*Emisiones* $_{CO2e.}$ *Emisiones Gases de Efecto Invernadero toneladas de dióxido de carbono equivalentes*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 2.38

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones GEI en el uso de carbonato de sodio es:

*Producción de carbonato de sodio*: Cantidad usada a nivel nacional de $Na_2CO_3$. Esta información ha sido proyectada a partir de la información que se tiene de los años 2000 – 2010 en el “Diagnóstico

Situacional sobre cuatro insumos químicos controlados de mayor uso en la fabricación de drogas en el Perú" de la Sociedad Nacional de Industrias. Esta proyección se ha basado con la información de los tres años anteriores (método de media móvil), puesto que otros tipos de proyección (logarítmica, cuadrática, etc.) no reportan ajustes ($R^2$) mayores a 0.75.
En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 86: Producción de carbonato de sodio - 2005

| Producción ( t ) | Fuente |
|---|---|
| 37,625 | Diagnóstico Situacional sobre cuatro insumos químicos controlados de mayor uso en la fabricación de drogas en el Perú, Página 18, cuadro 3 |

Fuente: Sociedad Nacional de Industrias - SNI

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 87: Variables y constantes, Producción de carbonato de sodio

| Variable | Valor (por defecto) | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión $_{carbonato\ de\ sodio}$ | 0.41492 | t $CO_2/t_{Na2C3}$ | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 2.7, cuadro 2.1 |

## 4.3.2. Industria química

En esta categoría se incluye las emisiones por las siguientes fuentes:

- *2B1 Producción de amoníaco*
- *2B2 Producción de ácido nítrico* [48]
- *2B3 Producción de ácido adipico* [48]
- *2B4 Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxilico* [48]
- *2B5 Producción de carburo de calcio*
- *2B6 Producción de dióxido de titanio* [48]
- *2B7 Producción de ceniza de sosa* [48]
- *2B8 Producción petroquímica y de negro de humo* [48]
- *2B9 Producción fluoroquímica* [48]
- *2B10 Otros* [48]

En la siguiente tabla se puede visualizar la información de cada fuente de esta categoría como su procedencia o fuente así como la calidad de datos obtenida.

Tabla 88: Industria química, procedencia y calidad de información

| Codificación | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| **2** | **Procesos Industriales y uso de productos** | | | |
| **2B** | **Industria química** | | | |
| 2B1 | Producción de amoníaco | Producción de amoníaco | INGEI 2010 | Proyectado a partir de los valores de la Actualización 2009 del INGEI (Plan CC) |
| 2B2 | Producción de ácido nítrico | | | |

[48] No se tiene registro de producción nacional.

| Codificación | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| 2B3 | Producción de ácido adípico | | | |
| 2B4 | Producción de caproalactama, glyoxal y ácido glyoxílico | | | |
| 2B5 | Producción de carburo | Producción de carburo de calcio | INGEI 2010 | Proyectado a partir de los valores de la Actualización 2009 del INGEI (Plan CC) |

Leyenda de Calidad:

| | |
|---|---|
| | No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio. |
| | Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados. |
| | La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector. |

Fuente: Elaboración propia

En esta categoría es casi nula la información recopilada, en "**Producción de amoníaco**" al igual que "**Producción de carburo de calcio**", mientras que en "**Producción de ácido nítrico**" y "**Producción de ácido adípico**", según el Ministerio de la Producción, en el Perú no hay producción de dichos ácidos por lo que no se han estimado en el INGEI 2005. Se detalla a continuación:

#### 4.3.2.1. Producción de amoníaco

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el proceso de obtención del hidrógeno requerido para la producción de amoníaco.

##### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

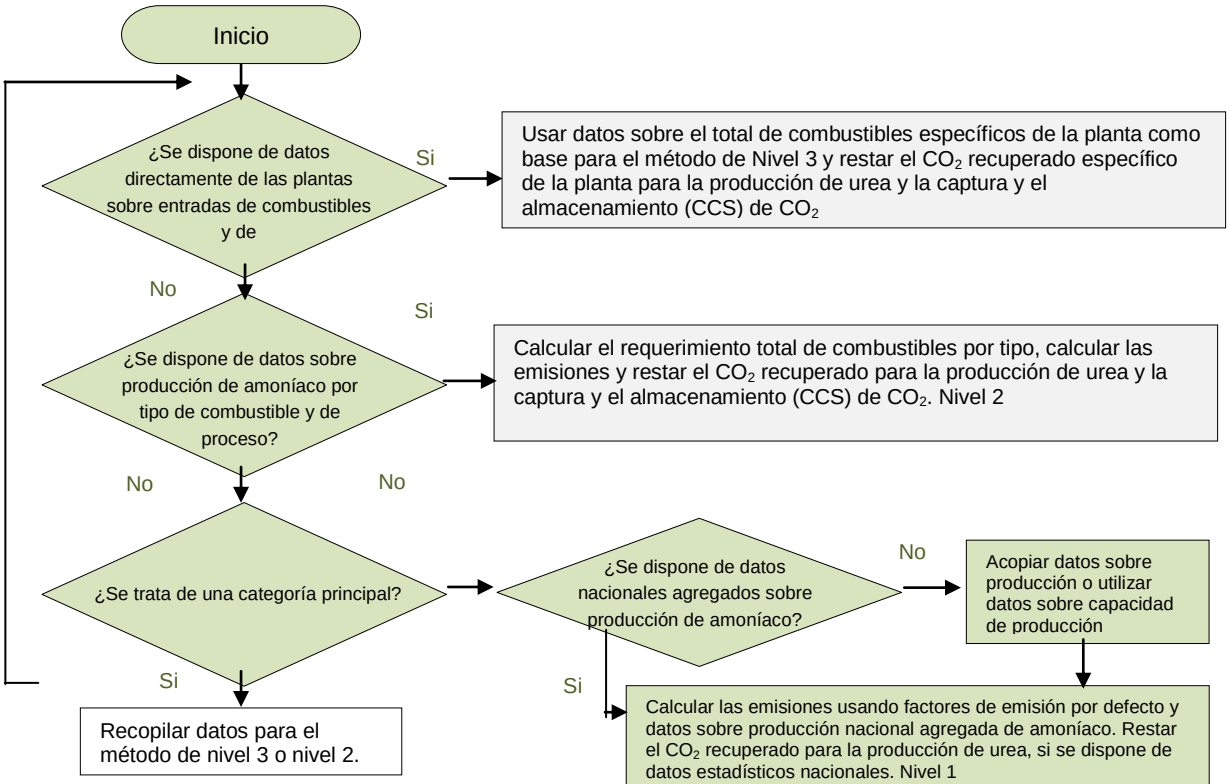
Nivel 1: se basa en estadísticas nacionales y valores por defecto.

Nivel 2: se basa en datos de la planta que se distinguen según tipo de combustible de entrada y tipo de proceso más valores por defecto.

Nivel 3: la información debe ser de cada una de las plantas productoras.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *45*: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO2 por la producción de amoníaco




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 3.12, figura 3.1

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de amoníaco y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de amoníaco es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de amoníaco y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuación* 15: Emisiones de CO2 provenientes por la Producción de amoníaco

$$Emisiones_{CO_2e} = AP \times FR \times CCF \times FOC \times {}^{44}/_{12} - R_{CO2}$$

Donde:

*AP:* *Producción de amoníaco, toneladas*
*FR:* *Combustible requerido por unidad de salida, GJ/toneladas de amoníaco producido*
*CCF:* *Factor del contenido de carbono del combustible, kg. C/GJ*
*FOC:* *Factor de oxidación de carbono del combustible, fracción*
$R_{CO2}$ *$CO_2$ recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (producción de urea), kg.*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 3.10 y Ecuación 3.1

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de amoníaco es:

Producción de amoníaco. Cantidad de amoniaco producida a nivel nacional. La producción de amoniaco 2015 se ha calculado considerando la información de producción de amoníaco de la Actualización 2009 del INGEI (Oficio Nº2344-2012-PRODUCE). La proyección se ha basado con la información de los tres años anteriores (método de media móvil), puesto que otros tipos de proyección (logarítmica, cuadrática, etc.) no reportan ajustes ($R^2$) mayores a 0.75.

En la siguiente tabla se muestra la información recopilada (2009) e información con la regresión realizada (2008, 2007, 2006 y 2005):

Tabla 89: Producción de amoníaco

| Año | PBI[nacional] Sector construcción | Producción de amoníaco [ t ] | Porcentaje de variación (Año / 2009) (%) |
|---|---|---|---|
| 2009 | 12,036,159.00 | 620.00 | 0.00% |
| 2008 | 11,339,438.00 | 584.11 | -5.79% |
| 2007 | 9,737,236.00 | 501.58 | -19.10% |
| 2006 | 8,349,530,.00 | 430.10 | -30.63% |
| 2005 | 7,275,669.00 | 374.78 | -39.55% |

Fuente: Actualización INGEI 2009, (Oficio Nº 2344-2012-PRODUCE)

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 90: Variables y constantes, Producción de amoníaco

| Variable | Valor (por defecto) | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión por Oxidación parcial | 2,772 | $tCO_2/t\ NH_3$ | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 3.13, Cuadro 3.1 |

## 4.3.2.2. Producción de carburo

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el proceso de calentamiento del carbonato de calcio seguido de la reducción de óxido de calcio.

En esta fuente se recopila la siguiente información

**Carburo de silicio** [49], el cual se produce a partir de arena de sílice o cuarzo y coques de petróleo. Las emisiones de esta fuente no se consideran en el INGEI, puesto que el Perú no produce carburo de silicio.

**Carburo de calcio**, es fabricado a partir de carbonato de calcio y coque de petróleo o algún otro reductor que contenga carbono.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: se requiere información sobre el coque de petróleo utilizado en la producción de carburo o sobre la producción nacional de carburo.

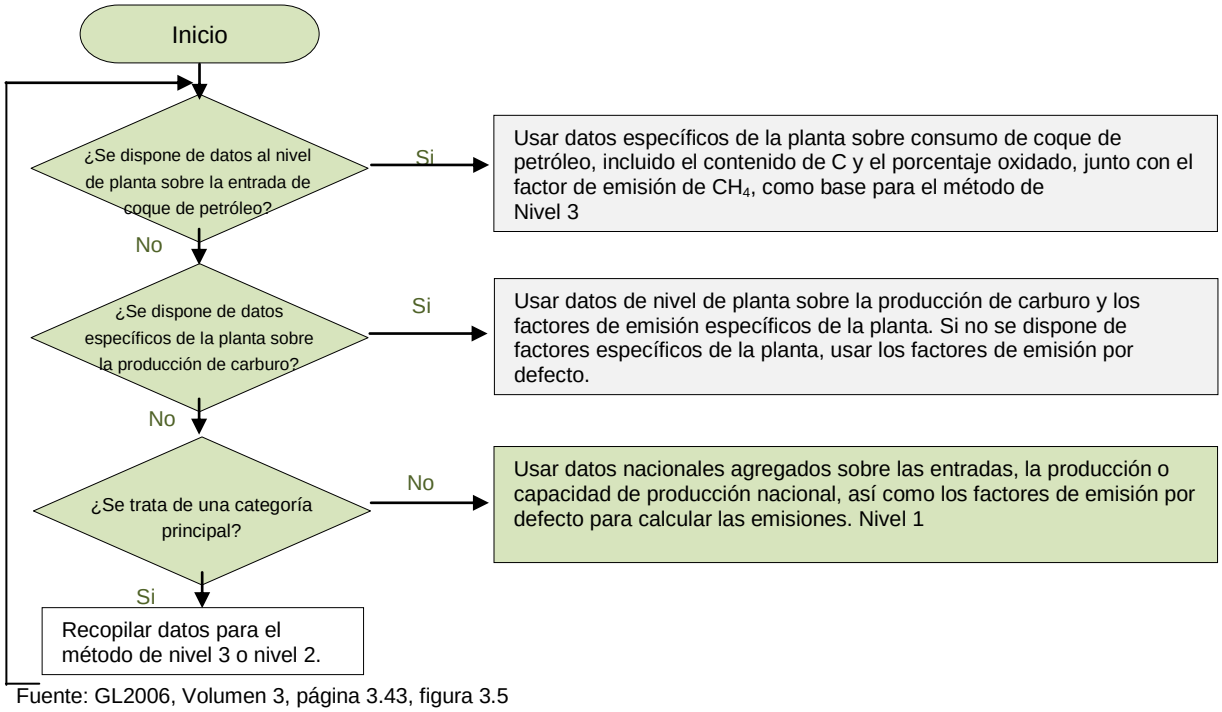
[49] No se ha considerado carburo de silicio por no haber registros de producción nacional.

Nivel 2: se incluyen los datos a nivel de planta sobre el carburo producido y sobre la cantidad de carburo de calcio en la producción de acetileno para las aplicaciones de soldadura.

Nivel 3: se requiere los datos de la actividad a nivel de planta para todas las variables.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel adecuado:

Gráfico *46*: Árbol de decisión para la estimación de emisiones de $CO_2$ provenientes de la producción de carburo de calcio




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 3.43, figura 3.5

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de carburo de calcio y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de carburo de calcio es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de carburo de calcio y un factor de emisión por defecto. No se considera el carburo de silicio por falta de información.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 16: Emisiones de CO2 provenientes por la producción de carburo de calcio

$$Emisiones_{CO_2e} = AD \times EF$$

Donde:

*AD:* *Datos de la actividad sobre el consumo de coque de petróleo o producción de carburo, en toneladas.*

*FE:* *Factor de emisión de $CO_2$.*

*Se dan las dos posibilidades siguientes:*

- ✓ *Cuando se utiliza la producción de carburo como dato de la actividad, EF debe corresponder al promedio de las emisiones de CO2 por unidad de salida para la producción de carburo, toneladas de CO2/tonelada de producción de carburo.*
- ✓ *Cuando se utiliza el consumo de coque de petróleo como dato de la actividad, EF debe corresponder al factor CCF (factor de contenido de carbono) multiplicado por 44/12 y ajustado para dar cuenta del C contenido del producto, toneladas de CO2/tonelada de material utilizado.*

*El factor de ajuste para el CaC2 = 0,67 ⇒ Factor de emisión = 0,33 • CCF • COF • 44/12.*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 3.41 y Ecuación 3.11

La relación entre las denominaciones del nivel de actividad entre las GL1996 y GL2006, se presentan en la siguiente tabla:

| Denominación GL1996 | Denominación GL 2006 | Descripción | Emisión de $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| Caliza | Carbonato de calcio | Para la producción de $CaC_2$ se usan $CaCO_3$ y un agente reductor de contenido de C (coque de petróleo) Tanto el $CaCO_3$, como el coque de petróleo liberan $CO_2$ en el proceso de fabricación del $CaC_2$ | La calcinación del $CaCO_3$ - usada en el producción de $CaC_2$ - libera $CO_2$ |
| Reducción | Coque de petróleo | | La calcinación del coque de petróleo -usado en el producción de $CaC_2$ - libera $CO_2$ |
| Utilización | Uso del carburo | La aplicación más importante del $CaC_2$ es la producción del acetileno | El $CaC_2$ reacciona con el agua, liberando $CO_2$, para formar el acetileno ($C_2H_2$) |

Fuente: Elaboración propia en base a las GL1996 y GL2006

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de carburo de calcio es:

Producción de carbonato de calcio, producción de coque de petróleo y uso del carburo. A esta información se le ha hecho la regresión a partir del valor de los datos de la Actualización 2009 del INGEI. Esta regresión se ha basado con la información de los tres años anteriores (método de media móvil), puesto que otros tipos de regresión (logarítmica, cuadrática, etc.) no reportan ajustes ($R^2$) mayores a 0.75.

En la siguiente tabla se muestra la información recopilada (2009) e información con la regresión respectiva (2008-2005):

Tabla 91: Producción de carburo de calcio

| Año | Carbonato de calcio [ t ] | Coque de petróleo [ t ] | Uso del carburo [ t ] |
|---|---|---|---|
| 2009 | 926.38 | 792.30 | 4,184.02 |
| 2008 | 872.76 | 746.44 | 3,941.83 |
| 2007 | 749.44 | 640.97 | 3,384.87 |
| 2006 | 642.64 | 549.62 | 2,902.47 |
| 2005 | 559.98 | 478.93 | 2,529.17 |

Fuente: Actualización INGEI 2009 y elaboración propia

## Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 92: Variables y constantes, Producción de carburo de calcio

| Factor de emisión | Valor (por defecto) | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| $FE_{Cal}$ | 0.77 | t $CO_2/t_{cal}$ | GL2006, Volumen 3, página 2.25, ecuación 2.8 |
| Uso del coque de petróleo (*) | 1.090 | t $CO_2/tCaC_2$ | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 3.44, Cuadro 3.8 |
| Uso del producto | 1.100 | t $CO_2/tCaC_2$ | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 3.44, Cuadro 3.8 |

(*)Nota:

Puesto que no se cuenta con la información de la producción del coque de petróleo, destinada a la producción de carburo de calcio, se toman los factores de emisión en base a la producción de carburo de calcio.

### 4.3.3. Industria de los metales

En esta categoría se incluye las emisiones por las siguientes fuentes:

- *2C1 Producción de hierro y acero*
- *2C2 Producción de ferroaleaciones* [50]
- *2C3 Producción de aluminio*
- *2C4 Producción de magnesio* [50]
- *2C5 Producción de plomo*
- *2C6 Producción de cinc*

En la siguiente tabla se puede visualizar la información de cada fuente de esta categoría como su procedencia o fuente así como la calidad de datos obtenida.

Tabla 93: Industria de los metales, procedencia y calidad de información

| Codificación | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad de información |
|---|---|---|---|---|
| **2** | **Procesos Industriales y uso de productos** | | | |
| **2C** | **Industria de los metales** | | | |
| 2C1 | Producción de hierro y acero | Producción de hierro y acero | Aceros Arequipa (productora de hierro fundido y acero) | |
| 2C2 | Producción de ferroaleaciones | | | |
| 2C3 | Producción de aluminio | Producción de aluminio | Series Nacionales 1995 - 2006, INEI | |
| 2C4 | Producción de magnesio | | | |
| 2C5 | Producción de Plomo | Producción de Plomo | Compendio Estadístico 2014 - INEI | |
| 2C6 | Producción de Cinc | | | |

Leyenda de Calidad:

| | |
|---|---|
| | No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio. |
| | Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados. |
| | La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien. Se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector. |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.1. Producción de hierro y acero

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan al usar el carbono como fuente de energía y materia prima en la fundición de hierro.

##### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: se recopilación la información de producción nacional y se multiplica por los factores de emisión por defecto.

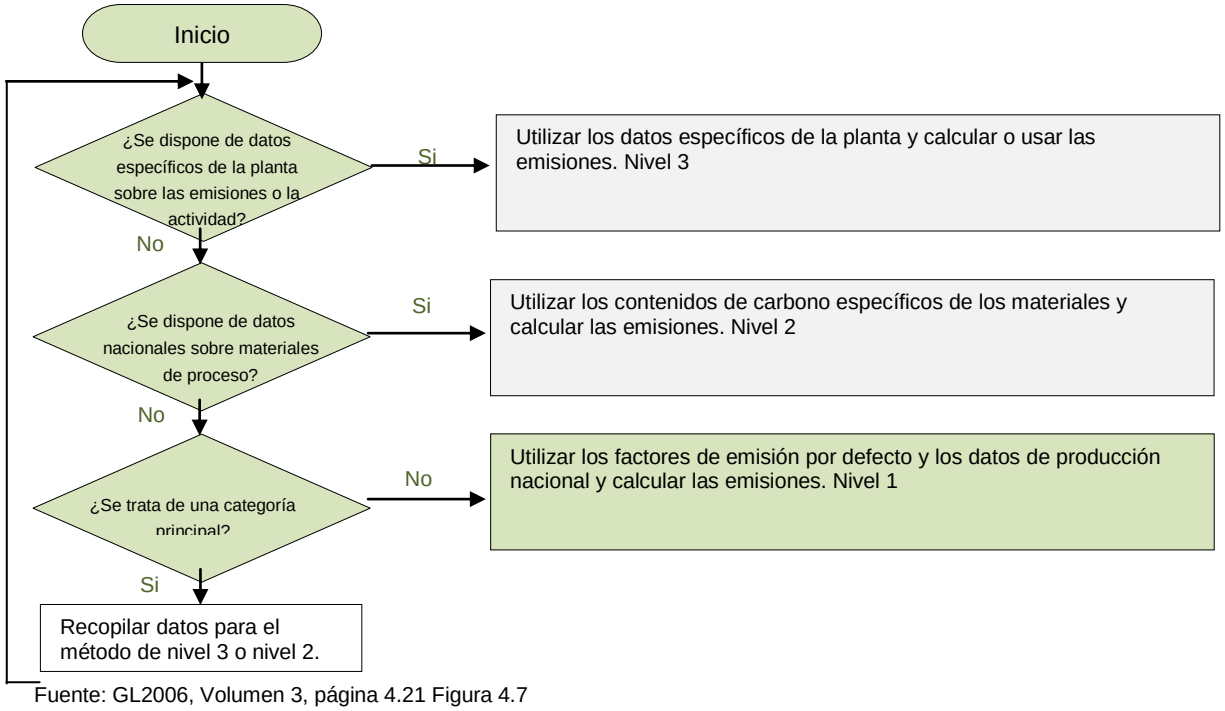
[50] No se registra información de producción nacional.

Nivel 2: en este nivel se requiere la información nacional del uso de materiales de proceso para la producción de hierro y del acero, la producción del sinterizado, la producción de pelets y la producción de hierro reducido directo.

Nivel 3: a diferencia del nivel 2, en el nivel 3 se emplea datos específicos de la planta.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *47*: Árbol de decisión para la estimación de las emisiones de $CO_2$ provenientes de la producción de hierro y acero




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.21 Figura 4.7

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de hierro y acero y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de hierro y acero es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de hierro y acero y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 17: Emisiones de CO2 provenientes por la Producción de hierro y acero

$$Emisiones_{CO_2e} = AD_x \times EF_x$$

Donde:

*AD:* *Producción de Hierro o acero, en toneladas.*
*FE:* *Factor de emisión de $CO_2$.*
*x:* *Hierro o acero*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.22

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción de hierro y acero es:

Producción de hierro y acero: Cantidad de hierro fundido y acero producida a nivel nacional. Esta información ha sido solicitada a las empresas que producen hierro fundido y acero que son: Aceros Arequipa y Southern Perú. De ellas, la empresa Aceros Arequipa ha remitido información la producción de hierro y acero; mientras que Southern Perú ha informado que no los produce. En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 94: Producción de acero

| Producción de acero [ t ] | Tipo de horno |
|---|---|
| 402,089.00 | EAF |

Fuente: Aceros Arequipa

Tabla 95: Producción de hierro fundido

| Producción de hierro fundido [ t ] |
|---|
| 77,878.00 |

Fuente: Aceros Arequipa

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 96: Variables y constantes, Producción de hierro y acero

| Variable | **Valor** (por defecto) | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Horno de arco eléctrico (EAF)Factor de emisión de hierro | 1.35 | $tCO_2$ /t hierro | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 4.27, Cuadro 4.1 |
| Factor de emisión de acero | 1.46 | $tCO_2$ / t acero | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 4.27, Cuadro 4.1 |

## 4.3.3.2. Producción de aluminio

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan por la producción primaria del aluminio, específicamente en la reacción que convierte el óxido de aluminio en aluminio metálico.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

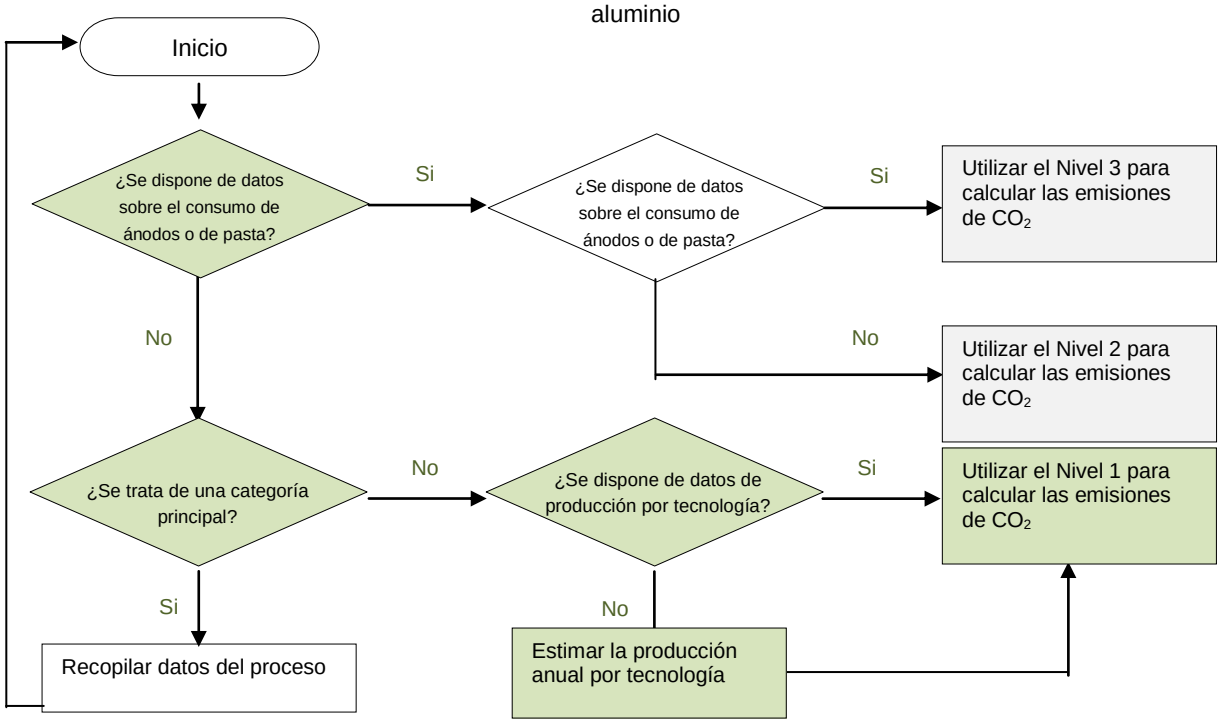
Nivel 1: el cálculo de emisiones GEI se basa a la información general de la producción y utilizar valores por defecto.

Nivel 2: se calcula mediante el método de equilibrio de masas y se emplean valores industriales típicos para las impurezas dentro del proceso de producción de aluminio.

Nivel 3: es idéntico al nivel 2 pero en lugar de utilizar valores industriales típicos se utiliza concentraciones de impurezas reales.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *48*: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO2 provenientes de la producción primaria de aluminio




Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.48, figura 4.11

Dado que la información disponible al 2012 para la estimación de emisiones de esta categoría es la proyección de aluminio en base a la proyección de información y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica 2000* [51]y siguiendo los pasos del árbol de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1.

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de aluminio y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de aluminio es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de aluminio y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 18: Emisiones de CO2 provenientes de la Producción de aluminio

$$Emisiones_{CO_2e} = AD_x \times EF_x$$

Donde:

*AD:* *Producción de aluminio, en toneladas.*
*FE:* *Factor de emisión de $CO_2$.*
*x:* *tecnología*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.49, Ecuación 4.21

[51] Guía de buenas prácticas 2000, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

### Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de GEI en la producción primaria de aluminio es:

*Producción de aluminio*: Cantidad producida de aluminio a nivel nacional. Esta información ha sido recopilada de la base de datos de las series nacionales del INEI 1995 – 2006 (portal web del INEI, series nacionales INEI, Fabricación de perfiles, planchas y discos de aluminio). En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 97: Producción de aluminio

| Producción ( t ) |
|---|
| 2,281.00 |

Fuente: Información proyectada en base al INEI

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel x, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 98: Variables y constantes, Producción de aluminio

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión$_{Søderberg}$ | 1.7 | t $CO_2$/tAl - defecto | GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pag. 4.52, cuadro 4.10 |

### 4.3.3.3. Producción de plomo

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el mismo proceso de producción primario de plomo específicamente en la sinterización y fundición.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

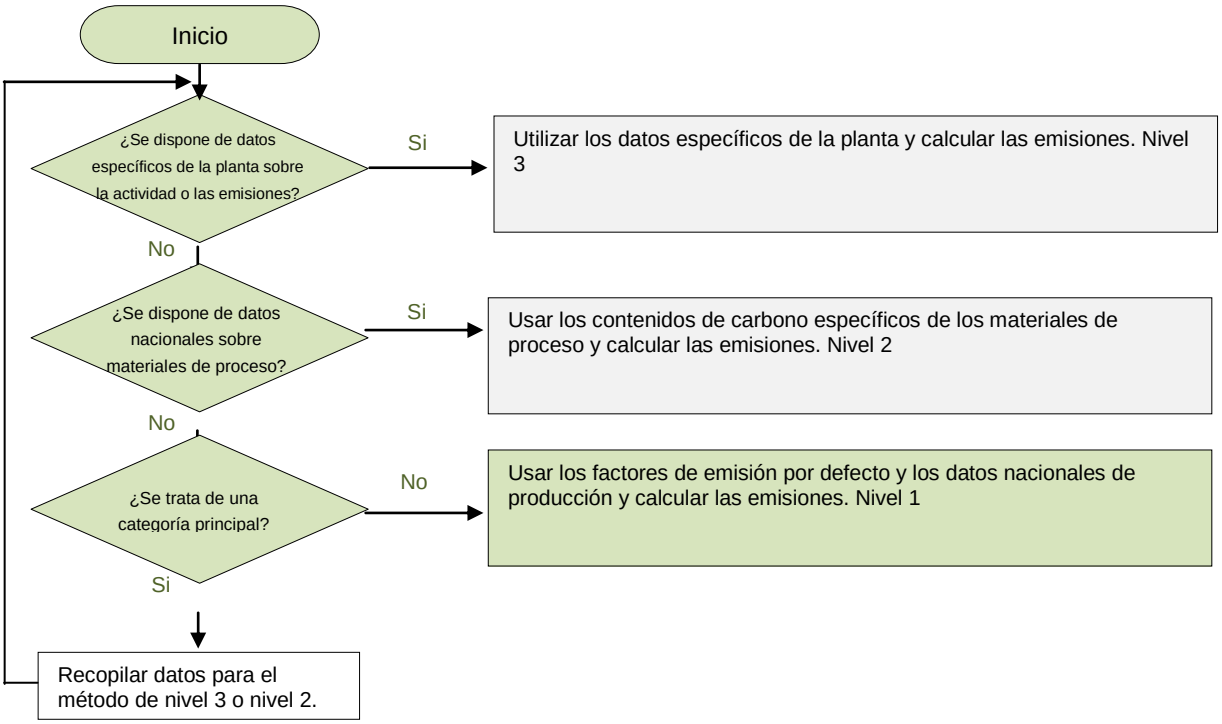
Nivel 1: solo se toma en cuenta la producción total nacional y el factor de emisión por defecto.

Nivel 2: es preciso tomar en cuenta los materiales y variedades de tipo de hornos utilizados en la producción de plomo.

Nivel 3: en el nivel 3 la información debe ser tomada directamente de las plantas productoras de plomo.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *49*: Árbol de decisión para estimar las emisiones de $CO_2$ provenientes de la producción de plomo




Fuente: GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pág. 4.52, Figura 4.15

Dado que la información disponible al 2012 para la estimación de emisiones de esta categoría es la producción de plomo y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica 2000* [52]y siguiendo los pasos del árbol de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de plomo y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de plomo es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de plomo y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 19: Emisiones de Co2 provenientes de la Producción de plomo

$$Emisiones_{CO_2e} = AD_x \times EF_x$$

Donde:

*AD:* *Producción de plomo, en toneladas.*
*FE:* *Factor de emisión de $CO_2$.*
*x:* *tecnología*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.80

## Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de $CO_2$ en la producción de plomo es:

[52] Guía de buenas prácticas 2000, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

Producción de plomo: Cantidad producida de plomo a nivel nacional. Esta información ha sido recopilada de la base de datos del Compendio Estadístico del INEI 2014. Sin embargo esta información no especifica el tipo de proceso utilizado en la producción de plomo así que, y que de acuerdo a las GL 2006, se asume que el 80% se funden en altos hornos o Imperial Smelting Furnaces, mientras que el 20% se funde empleando el método de fundición directa. En la siguiente tabla se muestra la información recopilada:

Tabla 99: Producción de plomo

| Producción ( t ) |
|---|
| 319,367.51 |

Fuente: Compendio Estadístico 2014, INEI, Minería e Hidrocarburo, Índice 13

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel x, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 100: Variables y constantes, Producción de plomo

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factos de emisión $_{defecto}$(80% ISF, 20% DS) | 0.52 | $tCO_2$/tplomo - defecto | *Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.82, Cuadro 4.21* |

## 4.3.3.4. Producción de cinc

En esta fuente se considera las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el proceso de producción primaria de cinc en la sinterización.

### Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

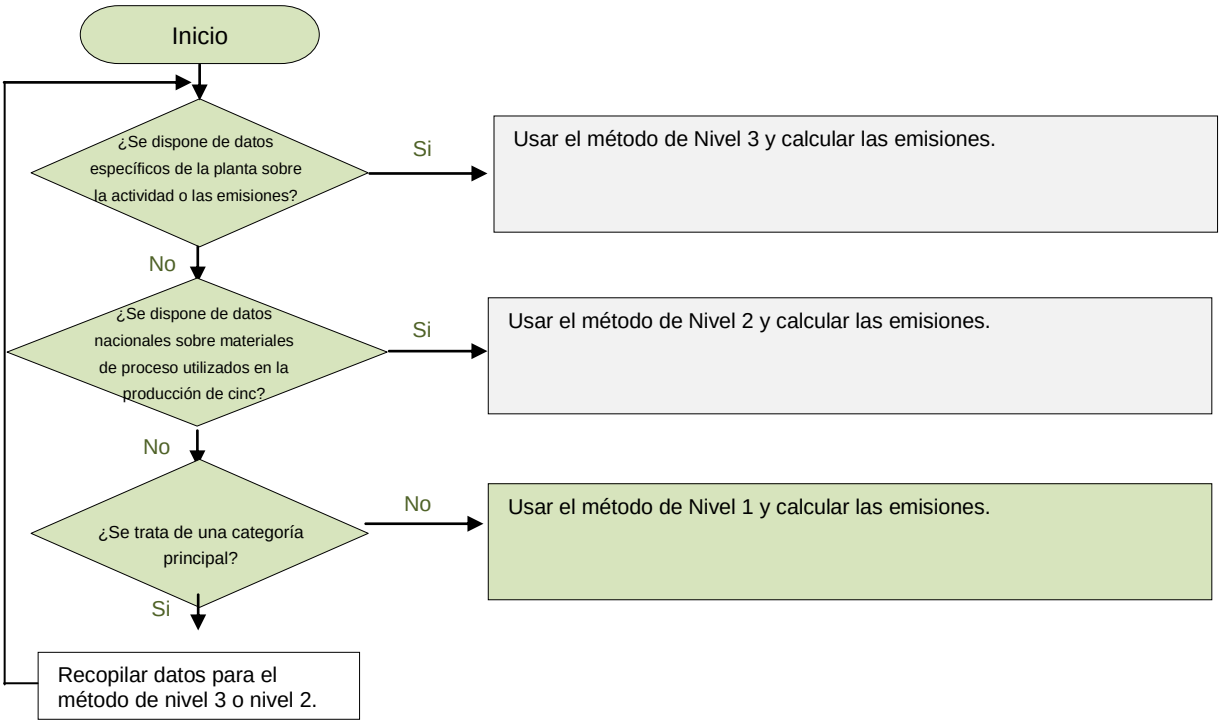
Nivel 1: se utiliza la producción nacional de cinc y el factor de emisión por defecto.

Nivel 2: se basa en información de estadísticas de plantas agregadas sobre agentes reductores, tipos de hornos y otros materiales.

Nivel 3: incluye las mediciones de emisiones de $CO_2$ de las instalaciones productoras de cinc.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico *50*: Árbol de decisión para la estimación de las emisiones de CO2 provenientes de la producción de cinc




Fuente: GL2006 - Volumen 3: Procesos Industriales, pág. 4.89, Figura 4.16.

Dado que la información disponible al 2012 para la estimación de emisiones de esta categoría es la producción nacional de cinc y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica 2000* [53] y siguiendo los pasos del árbol de decisiones, el nivel a aplicar es el Nivel 1

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones y teniéndose la producción de cinc y de acuerdo a lo que se describe en la *buena práctica* el método que se ha escogido en la fuente de producción de cinc es el nivel1, donde se estima las emisiones GEI directamente de la producción de cinc y un factor de emisión por defecto.

La ecuación aplicada par la estimación de emisiones, usando el Nivel 1, es el siguiente:

*Ecuació*n 20: Emisiones de CO2 provenientes de la Producción de cinc

$$Emisiones_{CO_2e} = Zn \times EF$$

Donde:

*Zn:* *Cantidad de cinc producido de cinc, toneladas.*
*FE:* *Factor de emisión por defecto*

Fuente: GL2006, Volumen 3, página 4.87 ecuación 4.33

[53] Guía de buenas prácticas 2000, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

### Descripción del nivel de actividad

Considerando el método de cálculo seleccionado y la ecuación incluida en esta fuente, la información necesaria para determinar las emisiones de CO2 en la producción de cinc es:

*Producción de cinc:* Cantidad de Cinc producida a nivel nacional. Información recopilada de la base de datos del Compendio Estadístico del INEI 2014. En la siguiente tabla se muestra la información:

Tabla 101: Producción de cinc

| Producción ( t ) |
|---|
| 00.00 |

Fuente: Compendio Estadístico 2014,
INEI, Sector Minería e Hidrocarburo, Índice 10

### Variables y constantes

Las variables y constantes utilizadas en el cálculo de emisiones de GEI en esta fuente, de acuerdo a al método de nivel 1, son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 102: Variables y constantes, Producción de cinc

| Variable | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión $_{defecto}$ | 1.72 | $tCO_2$ /tcinc | *GL2006, Volumen 3, página 4.88, Cuadro 4.2433* |

## 4.4. Agricultura

Las emisiones de GEI provenientes del sector Agricultura han sido estimadas aplicando las GL 1996 y OBP 2000. Las categorías, subcategorías y fuentes incluidas en el sector Agricultura, se listan en la siguiente tabla:

Las emisiones de GEI provenientes del sector Agricultura han sido estimadas aplicando las GL 1996 y OBP 2000. Las fuentes incluidas en el sector Agricultura, se listan en la siguiente tabla:

Tabla 103: Fuentes del sector agricultura

| Codificación | | Descripción | Categorización IPCC (GL1996) |
|---|---|---|---|
| **4** | | **Agricultura** | **Sector** |
| | 4A | Fermentación entérica | Categoría |
| | 4B | Manejo del estiércol | Categoría |
| | 4C | Cultivos de arroz | Categoría |
| | 4D | Suelos agrícolas | Categoría |
| | 4E | Quema de sabanas (pastos) | Categoría |
| | 4F | Quema de residuos agrícolas | Categoría |

Fuente: Elaboración propia

Las fuentes del sector agricultura solo generan emisiones de metano y óxido nitroso, no contabiliza las emisiones de dióxido de carbono porque en las fuentes que las que este gas se genera: quema de sabanas y quema de residuos agrícolas, se considera que el carbono liberado se reabsorbe en los próximos periodos de crecimiento.

Tabla 104: Fuentes de emisión y GEI generados

| Fuente de emisión | GEI generados |
|---|---|
| Fermentación entérica | $CH_4$ |

| Fuente de emisión | GEI generados |
|---|---|
| Manejo de estiércol | $CH_4$ y $N_2O$ |
| Cultivos de arroz | $CH_4$ |
| Quema de sabanas | $CH_4$ y $N_2O$ |
| Quema de residuos agrícolas | $CH_4$ y $N_2O$ |
| Suelos Agrícolas | $N_2O$ |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe la metodología aplicada para cada categoría en este sector:

### 4.4.1. Fermentación entérica

En esta fuente se consideran las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica en los herbívoros. Estos gases se generan como consecuencia del proceso digestivo durante el cual los hidratos de carbono se descomponen por la acción de microorganismos, en moléculas simples que se absorben en el torrente sanguíneo.

#### 4.4.1.1. Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

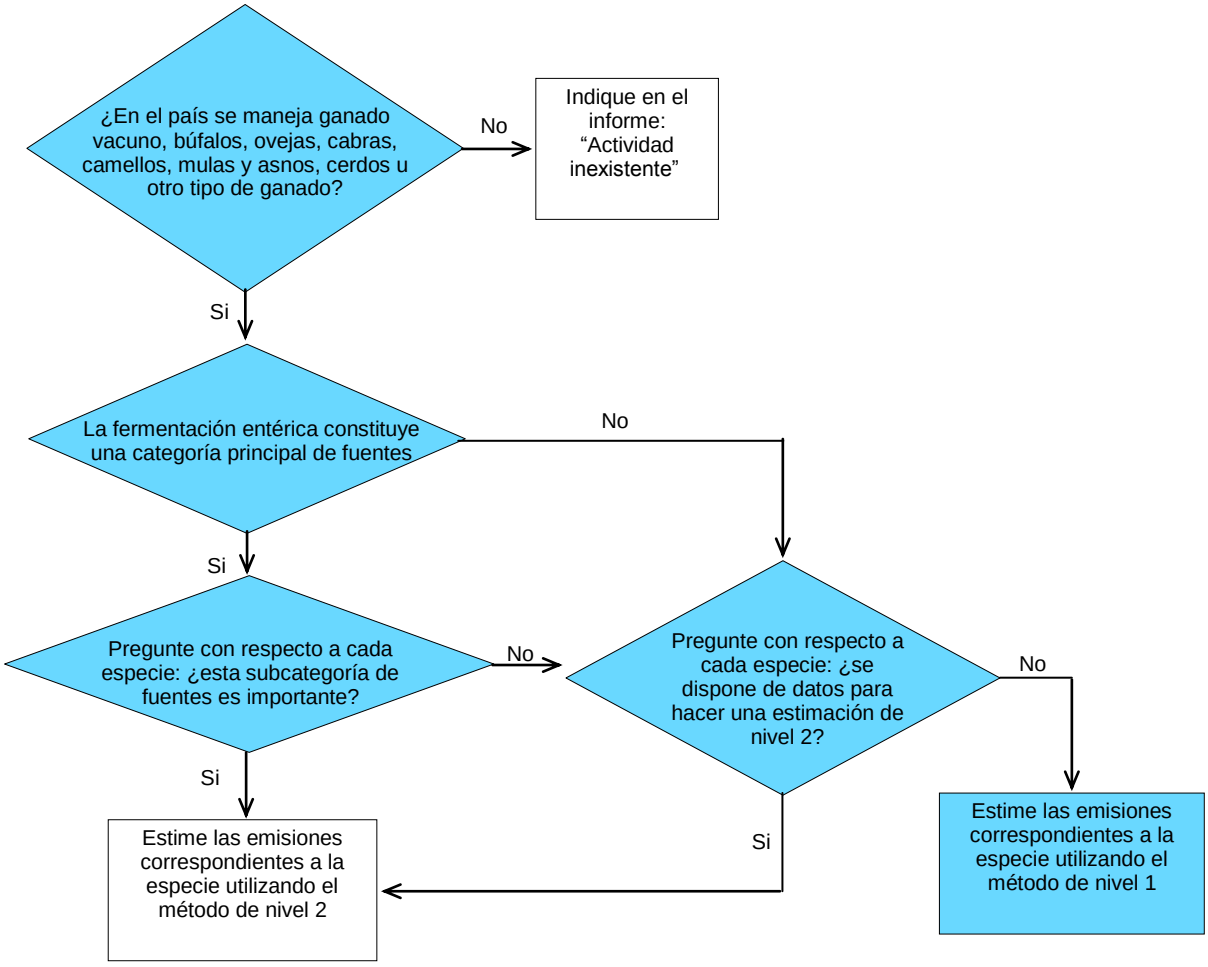
Nivel 1.- En este nivel se requiere información básica sobre las poblaciones de ganado según tipo, datos sobre la producción anual de leche y los pesos promedio del ganado vacuno, ovino y de camélidos sudamericanos (alpacas y llamas).

Nivel 2.- En adición a la información requerida en el nivel 1 es necesario contar con datos específicos como las subcategorías de ganado (vacunos lecheros de alto y bajo rendimiento, destinados a la producción de carne, ovinos adultos destinados a la producción de leche, ovinos adultos destinados a la producción de carne, ovinos jóvenes, etc.), aumento o pérdida media de peso, contenido de grasas en leche, condiciones de alimentación (confinamiento, praderas, pastos), la ingesta del ganado y digestibilidad de los alimentos.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Para determinar el nivel de cálculo se ha hecho uso del árbol de decisión contenido en las OBP2000

Gráfico 51: Árbol de decisión para fermentación entérica




Fuente: OBP 2000 - Figura 4.2

Siguiendo las indicaciones del árbol de decisiones, las emisiones de GEI de esta fuente deberían estimarse siguiendo el método de nivel 2, esto porque la fermentación entérica es una fuente importante tanto para el sector agricultura como para el inventario nacional. Sin embargo como no se posee la información requerida en el nivel 2 se debe seguir la metodología con datos básicos del nivel 1.

La ecuación que da el IPCC para calcular las emisiones por fermentación entérica es la siguiente:

***Ecuación 21: emisiones de metano por fermentación entérica***

$$Emisiones_{(CH4)} = \Sigma\ (Cabezas\ de\ ganado\ (tipo) \bullet Factor\ de\ emisión\ (tipo))$$

Donde:

| | |
|---|---|
| *Emisiones* $_{(CH4)}$ | = emisiones de metano |
| *Cabezas de ganado (tipo)* | = Población del ganado según tipo (vacuno, ovino, porcino, etc.) |
| *Factor de emisión (tipo)* | = factor de emisión por defecto para cada tipo de ganado |

Fuente: Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI, Capitulo 4 agricultura, ecuación 4.12, página 4.28

El IPCC en sus GL1996 brinda los factores de emisión para algunos de los tipos de ganado (ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos y cerdos), sin embargo no contiene factores de emisión para alpacas y llamas, y en lo que respecta al ganado vacuno (lechero y no lechero) posee datos muy limitados. En ese sentido, el IPCC en sus OBP2000 señala las ecuaciones a utilizar para determinar los factores de emisión del tipo de ganado anteriormente expuesto.

Para el caso del ganado vacuno se ha utilizado la ecuación propuesta por las OBP2000.

*Ecuación 22: Factor de emisión de metano por fermentación entérica*

$$\text{Factor de emisión} = (EB \bullet Y_m \bullet 365 \text{ días/año}) / (55{,}65 \text{ MJ/kg } CH_4)$$

Donde:

| | |
|---|---|
| *FE* | = factor de emisión, en kg de CH4/cabeza/año |
| *EB* | = *absorción de energía bruta, en MJ/día* |
| $Y_m$ | = *tasa de conversión de metano* |

Fuente: Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI, Capitulo 4 agricultura, ecuación 4.14, página 4.29

El dato correspondiente a la variable EB no es proveído por el IPCC pero se estima a través de la siguiente ecuación:

*Ecuación 23: estimación de la energía bruta*

$$EB = CA_{MS} \bullet DEA$$

Donde:

| | |
|---|---|
| *EB* | = *absorción de energía bruta, en MJ/día* |
| $CA_{MS}$ | = *consumo de alimento en materia seca, en kg/día* |
| *DEA* | = *densidad energética del alimento, en MJ/kg* |

Fuente: Inventarios nacionales de GEI oficiales anteriores

Finalmente se hace necesario calcular el consumo de alimento en materia seca ($CA_{MS}$) debido a que el IPCC no cuenta con un valor para esta variable, las OBP2000 señalan que esta es equivalente del 1 al 3% del peso corporal del animal, sin embargo a nivel nacional no se disponen de los datos sobre pesos. El dato sobre la densidad energética del alimento si es proveído por las OBP 2000.

Para determinar el valor del consumo de alimento de materia seca se ha utilizado, por un tema de consistencia, la ecuación utilizada en los anteriores inventarios y que señala como fuente, según el informe revisado correspondiente al año 2000, al siguiente: National Research Council (2001) - "Nutrient requirements of dairy cattle".

*Ecuación 24: estimación del consumo de alimento en materia seca*

$$CA_{MS} = 0.0968 \bullet P_{GV}^{\,0.75} + 0.372 \bullet PDL$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $CA_{MS}$ | *= consumo de alimento en materia seca, en kg/día* |
| $P_{GV}$ | *= peso del ganado vacuno en pie, en kg* |
| *PDL* | *= Producción diaria de leche, en kg/día* |

Para la estimación de las emisiones generadas por fermentación entérica de las alpacas y llamas se sigue la ecuación señalada por las OBP2000.

$$FE = [(\text{peso de la alpaca/llama})^{0.75} / (\text{peso de la oveja})^{0.75}] \bullet FE \text{ de las ovejas}$$

*Ecuación 25: estimación del factor de emisión para alpacas y llamas*

Fuente: Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI, Capitulo 4 agricultura, página 4.23

### 4.4.1.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría fermentación entérica:

Tabla 105: Nivel de actividad para la fermentación entérica

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 4A | Fermentación entérica | Población anual del ganado (aves, alpacas, llamas, cabras, chanchos, ovejas y vacas) | MINAGRI - DGESEP – DEA | |
| | | Población anual del ganado según tipo (caballos, mulas, asnos y cuyes) | INEI | |
| | | Producción anual de leche (Ganado vacuno) | MINAGRI - DGESEP – DEA | |
| | | Peso promedio del ganado (ovejas, alpacas y llamas) | Dictamen de expertos | No aplica |

Leyenda de Calidad:
- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Población anual del ganado según tipo.- Es necesario contar con información sobre la población anual nacional del siguiente tipo de ganado: vacas (lecheras y no lecheras), ovejas,

cabras, chanchos, caballos, mulas, asnos, alpacas, llamas, aves de corral y cuyes. En el Perú, a través del MINAGRI, se genera información periódica (anualmente) sobre la población de vacas, ovejas, cabras, chanchos, alpacas, llamas y aves de corral. La información sobre las poblaciones de caballos, mulas, asnos y cuyes no se genera periódicamente, esta se genera con cada censo nacional agropecuario (CENAGRO). Los censos hasta la fecha realizados corresponden a los años 1961, 1972, 1994 y 2012.

Tabla 106: Población anual del ganado según tipo - 2005

| Tipo de ganado | Población |
|---|---|
| Vacuno lechero | 708,119 |
| Vacuno no lechero | 4,541,663 |
| Ovejas | 14,813,785 |
| Cabras | 1,952,956 |
| Caballos | 778,485 |
| Mulas y asnos | 837,765 |
| Cerdos | 3,010,724 |
| Alpacas | 3,597,554 |
| Llamas | 1,269,979 |
| Aves de corral | 99,278,817 |
| Cuyes | 14,584,500 |

Fuente: Elaboración propia en base a la información proveída por MINAGRI y CENAGRO*

b) Producción anual de leche.- Esta información es requerida para determinar el factor de emisión (Kg de $CH_4$/cabeza/año) del ganado vacuno lechero. En este caso se requiere tener información a nivel regional porque para determinar el factor de emisión se requieren realizar estimaciones de la producción diaria de leche según región y posteriores ponderaciones en base a la población.

Tabla 107: Producción de leche

| Regiones | Vacas en ordeño (Unidades) | Volumen ( t ) | Producción (l/vaca/día) | Producción (kg/vaca/día) |
|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 57,182 | 58,117 | 2.78 | 2.87 |
| Ancash | 15,138 | 17,683 | 3.20 | 3.30 |
| Apurímac | 36,043 | 28,147 | 2.14 | 2.20 |
| Arequipa | 84,419 | 296,833 | 9.63 | 9.92 |
| Ayacucho | 25,778 | 22,805 | 2.42 | 2.50 |
| Cajamarca | 110,070 | 225,648 | 5.62 | 5.79 |
| Cusco | 29,092 | 30,479 | 2.87 | 2.96 |
| Huancavelica | 14,683 | 13,276 | 2.48 | 2.55 |
| Huánuco | 25,270 | 21,338 | 2.31 | 2.38 |
| Ica | 6,635 | 17,112 | 7.07 | 7.28 |
| Junín | 23,080 | 18,612 | 2.21 | 2.28 |
| La Libertad | 31,910 | 79,695 | 6.84 | 7.05 |
| Lambayeque | 11,495 | 29,656 | 7.07 | 7.28 |
| Lima | 72,396 | 222,553 | 8.42 | 8.67 |
| Loreto | 599 | 1,246 | 5.70 | 5.87 |
| Madre de Dios | 1,358 | 2,191 | 4.42 | 4.55 |
| Moquegua | 6,870 | 16,361 | 6.52 | 6.72 |
| Pasco | 21,448 | 18,055 | 2.31 | 2.38 |
| Piura | 30,800 | 29,012 | 2.58 | 2.66 |

| Regiones | Vacas en ordeño (Unidades) | Volumen ( t ) | Producción (l/vaca/día) | Producción (kg/vaca/día) |
|---|---|---|---|---|
| Puno | 85,930 | 49,453 | 1.58 | 1.62 |
| San Martín | 7,617 | 12,182 | 4.38 | 4.51 |
| Tacna | 7,044 | 21,868 | 8.51 | 8.76 |
| Tumbes | 205 | 362 | 4.83 | 4.98 |
| Ucayali | 3,057 | 3,153 | 2.83 | 2.91 |
| **Total** | **708,120** | **1,235,840** | **4.78** | **4.92** |

Fuente: MINAGRI y estimaciones*

c) Peso promedio del ganado.- Se requiere conocer, para generar factores de emisión, los pesos en pie promedio del ganado vacuno, ovejas, las alpacas y llamas. Esta información es complicada de obtener debido a las distintas razas, edades y estado del ganado por lo que se obtiene a través del dictamen de expertos.

Tabla 108: Peso promedio del ganado

| Tipo de ganado | Peso (kg) |
|---|---|
| Vacunos | 390 |
| Ovejas | 30 |
| Alpacas | 58 |
| Llamas | 73 |

Fuente: Ing. César León, MINAGRI, 2014

#### 4.4.1.3. Variables y constantes

Para estimar las emisiones de GEI por la fermentación entérica del ganado, es necesario contar con distintas variables para determinar algunos de los factores de emisión a usar. Adicionalmente se requiere del uso de factores de emisión que son proveídos por el IPCC, los que deben ser utilizados por no disponerse de factores nacionales.

Tabla 109: Variables usadas para determinar factores de emisión de la fermentación entérica

| Variable | Descripción | Valor | Fuente |
|---|---|---|---|
| Densidad energética de los alimentos | Densidad de la energía existente en los alimentos. | 18.45 MJ/kg | OBP 2000, capitulo 4: agricultura, página 4.23 |
| Tasa de conversión del $CH_4$ para el ganado vacuno ($Y_m$) | Fracción de energía bruta presente en los alimentos que se convierte en metano | 0.06 | OBP 2000 capitulo 4: agricultura, cuadro 4.8, página 4.29 |
| Densidad de la leche de la vaca | Masa que representa cierto volumen de la leche de vaca | 1.03 $g/cm^3$ | Efecto del tiempo de almacenamiento de la leche cruda y la adición de cloruro de calcio en la viscosidad del yogurt batido, Universidad Nacional Agraria la Molina, cuadro 1, página 157 |

Fuente: Elaboración propia

Las variables presentadas en el cuadro anterior son necesarias para determinar los factores de emisión correspondientes a las vacas lecheras, vacas no lecheras, alpacas y llamas. Los factores de emisión calculados gracias al uso de estas variables y para el resto del ganado (proveídos por el IPCC) se detallan a continuación:

Tabla 110: Factores de emisión por fermentación entérica

| Tipo de ganado | Fermentación entérica (kg de $CH_4$/cabeza/año) | Fuente |
|---|---|---|
| Vacuno lechero | 74.51 | Estimados en base a las |

| Tipo de ganado | Fermentación entérica (kg de $CH_4$/cabeza/año) | Fuente |
|---|---|---|
| | | ecuaciones 22, 23 y 24 |
| Vacuno no lechero | 63.91 | Estimados en base a las ecuaciones 22, 23 y 24 |
| Ovejas | 5.00 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |
| Cabras | 5.00 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |
| Caballos | 18.00 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |
| Mulas y asnos | 10.00 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |
| Cerdos | 1.00 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |
| Alpacas | 8.19 | Estimado en base a la ecuación 25 |
| Llamas | 9.69 | Estimado en base a la ecuación 25 |
| Cuyes | 0.4 | IPCC: GL 1996, tabla 4-2 |

Fuente: Elaboración propia

### 4.4.2. Manejo de estiércol

En esta fuente se consideran las emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas.

#### 4.4.2.1. Elección del nivel de cálculo

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1.- En este nivel se requiere, para calcular las emisiones de metano, información de la población anual del ganado (ya obtenida en fermentación entérica) y además se requieren factores de emisión por defecto por región climática (según IPCC) para cada tipo de ganado.

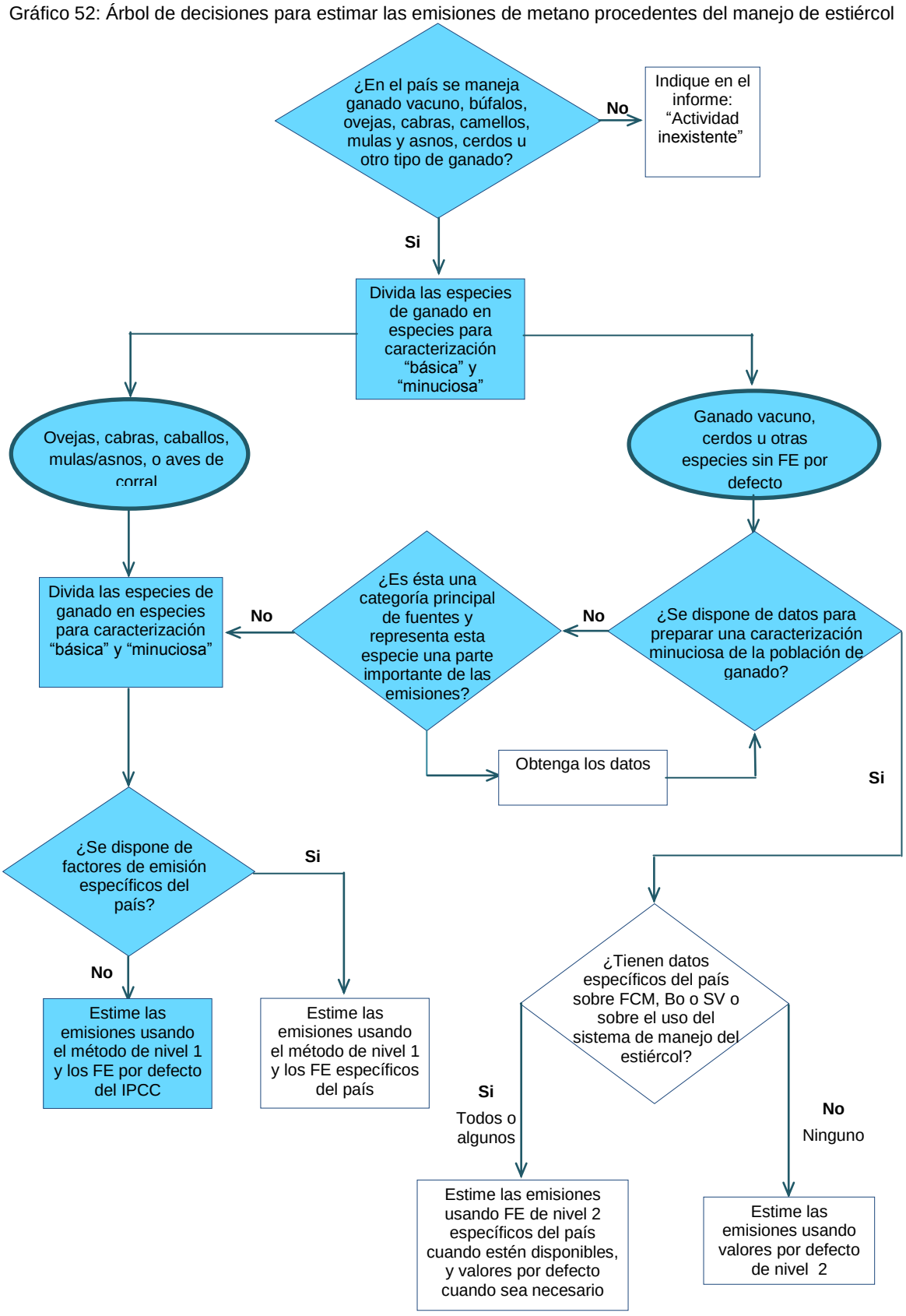
Para estimar las emisiones de óxido nitroso, se requieren nuevamente los datos de población anual del ganado, su tasa anual de excreción de nitrógeno (por defecto) por cabeza según tipo de ganado, conocer la fracción de la excreción anual total correspondiente a cada especie o categoría de ganado que se maneja en cada sistema de manejo de estiércol y usar los factores de emisión por defecto de cada sistema de manejo de estiércol.

Nivel 2.- Para calcular las emisiones de metano, se recomienda este método cuando una determinada especie o categoría de ganado representa una proporción importante de las emisiones. De ser el caso, el país deberá elaborar sus propios factores de emisión en base a información detallada sobre las características de los animales y la forma de manejo del estiércol.

Las estimaciones de óxido nitroso en este nivel requieren que las tasas anuales de excreción de nitrógeno deban ser estimadas en base a datos de la ingesta propios de cada tipo de ganado y los datos sobre los sistemas de manejo de estiércol deben ser nacionales.

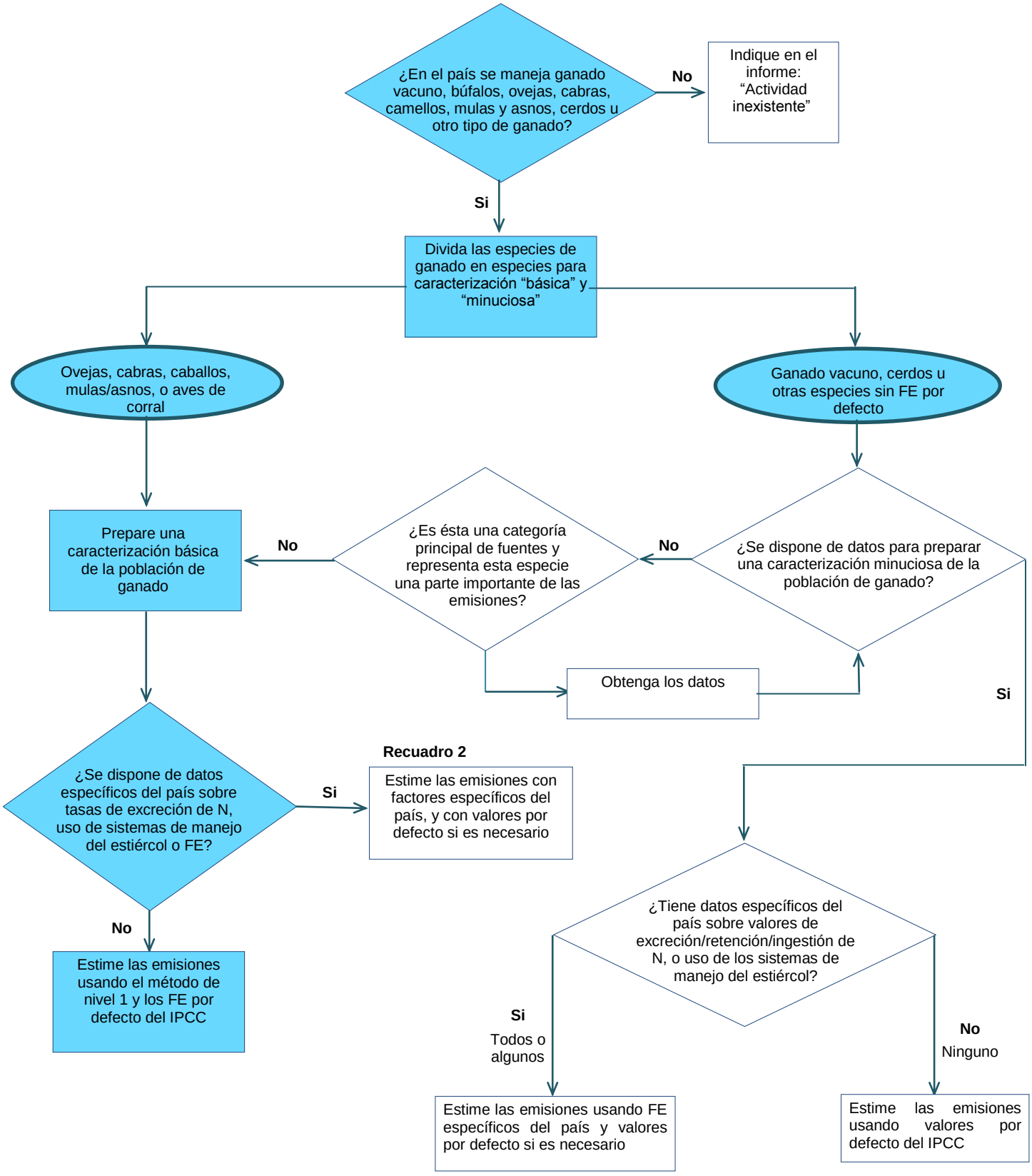
Los arboles de decisión, para la estimación de emisiones de metano y óxido nitroso, que se presentan a continuación ayudan a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico 52: Árbol de decisiones para estimar las emisiones de metano procedentes del manejo de estiércol




Fuente: OBP 2000 - Figura 4.3

Gráfico 53: Árbol de decisiones para estimar las emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo de estiércol



Fuente: OBP 2000 - Figura 4.4

Dado que la información disponible para el año 2012 no es muy amplia y detallada, las emisiones del metano y óxido nitroso generados por el manejo de estiércol, se desarrollan siguiendo el nivel 1 para lo cual se deben utilizar las siguientes formulas:

Ecuación 26: emisiones de metano por manejo de estiércol

$$Emisiones_{(CH4)} = \Sigma\ (Cabezas\ de\ ganado\ (tipo)\ \bullet\ Factor\ de\ emisión\ (tipo))$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $Emisiones_{(CH4)}$ | = emisiones de metano por manejo de estiércol |
| *Cabezas de ganado (tipo)* | = Población del ganado según tipo (vacuno, ovino, porcino, etc.) |
| *Factor de emisión (tipo)* | = factor de emisión por defecto para cada tipo de ganado |

Fuente: OBP2000, Capitulo 4 agricultura, ecuación 4.15, página 4.33

El IPCC contiene los factores de emisión para casi todo el tipo de ganado considerado según tres regiones climáticas caracterizadas según sus temperaturas promedio anuales: fría (< 15°C), templada (15 a 25°C) y cálida (> 25°C). Las alpacas, llamas y cuyes son la excepción, para estos últimos, por no disponerse de una ecuación para la determinación de su factor de emisión, se ha utilizado y por un tema de consistencia el factor de emisión usado en los anteriores inventarios oficiales del país. En el caso de las alpacas y las llamas el factor de emisión se estima tal como se hizo en el caso de la fermentación entérica en el cual se hizo uso de la ecuación 25.

Al existir un factor de emisión para cada una de las regiones climáticas definidas por el IPCC, para cada tipo de ganado se debe considerar un único factor de emisión que se calcula en base a la distribución del ganado en cada una de estas regiones climáticas a través de la siguiente ecuación:

*Ecuación 27: factor de emisión para determinar emisiones de metano por manejo de estiércol*

$$FE_{(CH4)} = \Sigma\ (FE_{RG} \bullet \%PG_{RG})$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $FE_{(CH4)}$ | = factor de emisión de metano por manejo de estiércol |
| $FE_{RG}$ | = *factor de emisión según región climática* |
| $\%PG_{RG}$ | = *fracción de la población del ganado según región climática* |

Fuente: Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996, Modulo 4 agricultura, página 4.7

Para realizar las estimaciones de óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol es necesario contar con una serie de variables y factores de emisión que son proveídos por el IPCC en su mayoría y en algunos casos ajustados según el dictamen de expertos nacionales. Las ecuaciones a utilizar para esta fuente son las siguientes:

*Ecuación **28**: nitrógeno excretado según sistema de manejo de estiércol*

$$Nex_{(SME)} = \Sigma_{(T)}\ [N_{(T)} \bullet Nex_{(T)} \bullet SME_{(T)}]$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $Nex_{(SME)}$ | = *excreción de nitrógeno por Sistema de Manejo de Estiércol (kg/año).* |
| $N_{(T)}$ | = *número de animales de tipo T en el país* |
| $Nex_{(T)}$ | = *excreción de nitrógeno de los animales de tipo T en el país (kgN/animales/año)* |
| $SME_{(T)}$ | = *fracción de los $Nex_{(T)}$ en uno de los varios sistemas de manejo de estiércol diferenciados para los animales de tipo T en el país* |
| *T* | = *tipo de categoría de animal* |

Fuente: GL1996, Modulo 4 agricultura, ecuación 1 página 4.10

A través del uso de la ecuación 28, se determina la cantidad de nitrógeno que es excretado según cada sistema de maneja de estiércol existente en el país. Una vez determinado esto se deberá multiplicar este resultado por su respectivo factor de emisión tal como se presenta en la ecuación 29.

*Ecuación 29: emisiones de óxido nitroso por manejo de estiércol*

$$N_2O_{(SME)} = \Sigma [Nex_{(SME)} \bullet FE_{(SME)}]$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $N_2O_{(SME)}$ | = *emisiones de óxido nitroso de todos los sistemas de manejo de estiércol* |
| $Nex_{(SME)}$ | = *excreción de nitrógeno por Sistema de Manejo de Estiércol (kg/año)* |
| $FE_{(SME)}]$ | = *factor de emisión de óxido nitroso para un sistema de manejo de estiércol (kg de* $N_2O$-N/kg de Nx en SME |

Fuente: GL1996, Modulo 4 agricultura, ecuación 2, página 4.11

### 4.4.2.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría manejo de estiércol:

Tabla 111: Nivel de actividad para el manejo de estiércol

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Nivel de estimación | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|
| 4B | Manejo de estiércol | Población anual del ganado (aves, alpacas, llamas, cabras, chanchos, ovejas y vacas) según región | 1 | MINAGRI - DGESEP – DEA | |

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Nivel de estimación | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Población anual del ganado (caballos, mulas, asnos y cuyes) según región | 1 | INEI[54] | |
| | | Temperatura promedio anual de las regiones del Perú | 1 | INEI | |

Leyenda de Calidad:
No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Población del ganado según tipo y región.- se requiere contar con esta información debido a que las emisiones de metano que se generan por esta fuente están condicionados por el clima, en ese sentido y como se verá posteriormente es necesario además contar con las temperaturas promedio de cada región.

Tabla 112: Población del ganado según región

| Región | Aves | Alpaca | Llamas | Caprino | Ovino |
|---|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 702,489 | - | - | 7,205 | 37,993 |
| Ancash | 1,693,441 | 12,142 | 1,500 | 190,443 | 847,298 |
| Apurímac | 496,510 | 152,290 | 51,610 | 90,170 | 467,210 |
| Arequipa | 17,113,325 | 346,625 | 115,265 | 34,280 | 286,680 |
| Ayacucho | 590,991 | 193,467 | 128,288 | 245,589 | 905,080 |
| Cajamarca | 1,155,903 | 1,333 | - | 96,690 | 375,069 |
| Cusco | 712,271 | 453,190 | 233,219 | 96,380 | 2,388,882 |
| Huancavelica | 439,985 | 223,704 | 133,333 | 178,863 | 993,165 |
| Huánuco | 1,509,479 | 2,637 | 6,405 | 72,984 | 1,147,657 |
| Ica | 6,110,301 | - | - | 65,037 | 20,606 |
| Junín | 1,627,840 | 36,687 | 38,340 | 8,980 | 1,214,210 |
| La Libertad | 13,439,366 | 7,505 | - | 130,433 | 402,413 |
| Lambayeque | 2,200,350 | - | - | 60,000 | 72,000 |
| Lima | 36,489,500 | 34,173 | 21,456 | 183,469 | 352,067 |
| Loreto | 965,448 | - | - | - | 3,881 |
| Madre de Dios | 199,121 | - | - | - | 6,112 |
| Moquegua | 101,405 | 75,189 | 40,508 | 11,297 | 48,614 |
| Pasco | 103,480 | 31,823 | 44,590 | 25,049 | 947,800 |
| Piura | 5,555,556 | - | - | 335,100 | 278,876 |
| Puno | 1,789,160 | 1,986,790 | 436,910 | - | 3,932,070 |

[54] Disponible en: http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/# (estructura de la actividad pecuaria / población pecuaria / otras especies)

| Región | Aves | Alpaca | Llamas | Caprino | Ovino |
|---|---|---|---|---|---|
| San Martín | 3,338,200 | - | - | 5,202 | 19,468 |
| Tacna | 443,400 | 40,000 | 18,555 | 13,795 | 42,345 |
| Tumbes | 84,000 | - | - | 101,220 | 10,010 |
| Ucayali | 2,417,297 | - | - | 770 | 14,280 |
| **Total** | **99,278,818** | **3,597,555** | **1,269,979** | **1,952,956** | **14,813,786** |

Tabla 112 (continuación): Población del ganado según región

| Región | Porcino | Vacuno | Caballos* | Mulas y asnos* | Cuyes* |
|---|---|---|---|---|---|
| Amazonas | 45,553 | 201,868 | 31,715 | 44,684 | 420,962 |
| Ancash | 171,696 | 342,051 | 41,822 | 99,824 | 1,741,458 |
| Apurímac | 130,410 | 323,150 | 93,978 | 13,242 | 1,025,993 |
| Arequipa | 84,471 | 268,845 | 9,774 | 21,602 | 508,637 |
| Ayacucho | 158,020 | 445,510 | 40,397 | 39,020 | 344,124 |
| Cajamarca | 202,298 | 567,252 | 178,082 | 122,897 | 2,545,304 |
| Cusco | 265,338 | 511,848 | 86,663 | 42,234 | 1,840,987 |
| Huancavelica | 109,121 | 190,580 | 33,641 | 75,779 | 492,560 |
| Huánuco | 352,051 | 269,149 | 45,164 | 38,633 | 1,035,241 |
| Ica | 22,684 | 36,448 | 4,181 | 6,128 | 43,340 |
| Junín | 107,640 | 222,660 | 16,143 | 38,662 | 1,313,352 |
| La Libertad | 160,798 | 253,482 | 42,353 | 62,843 | 944,633 |
| Lambayeque | 62,000 | 86,000 | 9,136 | 19,430 | 274,721 |
| Lima | 417,780 | 263,480 | 15,821 | 40,844 | 752,520 |
| Loreto | 99,263 | 31,586 | 2,809 | 224 | 21,907 |
| Madre de Dios | 16,968 | 44,200 | 374 | 26 | 6,987 |
| Moquegua | 11,191 | 31,022 | 1,031 | 7,683 | 151,755 |
| Pasco | 119,154 | 101,588 | 13,338 | 10,361 | 142,974 |
| Piura | 173,054 | 234,260 | 54,876 | 64,800 | 209,569 |
| Puno | 99,570 | 608,200 | 21,689 | 74,469 | 180,562 |
| San Martín | 117,692 | 128,598 | 29,840 | 7,741 | 421,856 |
| Tacna | 25,294 | 29,706 | 938 | 2,426 | 139,918 |
| Tumbes | 15,890 | 13,800 | 2,860 | 4,040 | 3,811 |
| Ucayali | 42,788 | 44,500 | 1,859 | 176 | 21,331 |
| **Total** | **3,010,724** | **5,249,783** | **778,485** | **837,766** | **14,584,501** |

Fuente (aves, alpacas, llamas, caprino, ovino, porcino y vacuno): Producción Pecuaria e Industria avícola 2012, MINAGRI
Fuente (caballos, mulas, asnos y cuyes): CENAGRO-INEI (http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#)

b) Temperatura promedio anual según región.- tal como se mencionó anteriormente, es necesario disponer a las poblaciones del ganado según distintas regiones, esto porque el IPCC ha clasificado, en base a rangos de temperatura, tres regiones climáticas (fría, templada y cálida), para las cuales y según el tipo de ganado posee un factor de emisión específico.

Tabla 113: Temperatura promedio según región

| Departamento | Temperatura (°C) |
|---|---|
| Amazonas | 15.2 |
| Ancash | 12.5 |
| Apurímac | 16.2 |
| Arequipa | 16.0 |
| Ayacucho | 17.8 |
| Cajamarca | 14.6 |
| Cusco | 11.9 |

| Departamento | Temperatura (°C) |
|---|---|
| Huancavelica | 10.5 |
| Huánuco | 20.7 |
| Ica | 20.7 |
| Junín | 12.4 |
| La Libertad | 20.1 |
| Lambayeque | 21.6 |
| Lima | 18.7 |
| Loreto | 28.1 |
| Madre de Dios | 27.8 |
| Moquegua | 19.7 |
| Pasco | 5.1 |
| Piura | 24.1 |
| Puno | 10.2 |
| San Martín | 22.9 |
| Tacna | 17.2 |
| Tumbes | 24.9 |
| Ucayali | 25.9 |

Fuente: INEI[55]

En base a la información indicada en la tabla anterior se debe ubicar a que región climática pertenece cada departamento para así poder realizar ecuaciones necesarias para diversas estimaciones.

Tabla 114: Departamentos según región climática

| Departamento | Temperatura (°C) | Región Climática |
|---|---|---|
| Ancash | 12.50 | **Fría** (< 15°C) |
| Cajamarca | 14.60 | |
| Cusco | 11.90 | |
| Huancavelica | 10.50 | |
| Junín | 12.40 | |
| Pasco | 5.10 | |
| Puno | 10.20 | |
| Amazonas | 15.20 | **Templada** (15°C - 25°C) |
| Apurímac | 16.20 | |
| Arequipa | 16.00 | |
| Ayacucho | 17.80 | |
| Huánuco | 20.70 | |
| Ica | 20.70 | |
| La Libertad | 20.10 | |
| Lambayeque | 21.60 | |

[55]Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/index.html

| Departamento | Temperatura (°C) | Región Climática |
|---|---|---|
| Lima | 18.70 | |
| Moquegua | 19.70 | |
| Piura | 24.10 | |
| San Martín | 22.90 | |
| Tacna | 17.20 | |
| Tumbes | 24.90 | |
| Loreto | 28.10 | **Cálida** (>25°C) |
| Madre de Dios | 27.80 | |
| Ucayali | 25.90 | |

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INEI

#### 4.4.2.3. Variables y constantes

Para realizar las estimaciones de las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol se requiere del uso de distintas variables y factores de emisión, los que se detallan a continuación.

Para la determinación de las emisiones de metano:

Tabla 115: Factores de emisión de metano por manejo de estiércol

| Factores de Emisión de Metano por Manejo del Estiércol por Temperatura | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ganado | Región Climática | | | Factor de emisión* (kg $CH_4$/cabeza/año) |
| | Frío (< 15°C) (kg $CH_4$/cabeza/año) | Templado (15 a 25°C) (kg $CH_4$/cabeza/año) | Cálido (> 25°C) (kg $CH_4$/cabeza/año) | |
| Vacuno lechero | - | 1.00 | 2.00 | 0.5842 |
| Vacuno no lechero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.0000 |
| Ovejas | 0.10 | 0.16 | 0.21 | 0.1168 |
| Cabras | 0.11 | 0.17 | 0.22 | 0.1517 |
| Caballos | 1.09 | 1.64 | 2.18 | 1.3670 |
| Mulas y asnos | 0.60 | 0.90 | 1.19 | 0.7339 |
| Cerdos | - | 1.00 | 2.00 | 0.6958 |
| Alpacas* | 0.16 | 0.26 | 0.34 | 0.1870 |
| Llamas* | 0.19 | 0.31 | 0.41 | 0.2289 |
| Aves de corral | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.0177 |
| Cuyes** | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.0294 |

Fuente: Directrices IPCC 1996, tablas 4-4 y 4-5

*Elaboración propia a partir de lo especificado en las ecuaciones anteriores

**Los FE para el cuy fueron tomados del Inventario de GEI 1994.

Los factores de emisión, según región climática (frio, templada y cálida), indicados en la tabla anterior son proveídos por el IPCC mientras que la última columna posee los factores de emisión estimados en base a la participación de las poblaciones de ganado según región climática (ver ecuación 27).

Para la determinación de las emisiones de óxido nitroso se emplean los factores de emisión a continuación:

Tabla 116: Factores de emisión de $N_2O$ por sistema de manejo de estiércol

| Sistema de Manejo de Estiércol (SME) | Factor de Emisión (kg de $N_2O$-N/kg de N excretado) |
|---|---|
| Estanques anaeróbicos | 0.00 |
| Estado líquido | 0.00 |
| Praderas y pastizales | 0.02 [56] |
| Recolección y depósito | - |
| Almacenamiento en estado sólido | 0.02 |
| Quema como combustible | 0.0135 |
| Parcelas secas | 0.02 |
| Estiércol de aves de corral con cama | 0.02 |
| Estiércol de aves de corral sin cama | 0.005 |

Fuente: OBP 2000, cuadro 4.12

Tabla 117: Tasas de excreción de nitrógeno

| Ganado | Excreción de N (Kg-N/animal/año) |
|---|---|
| lechero | 70.00 |
| no lechero | 40.00 |
| ovejas | 12.00 |
| cabras | 12.00 |
| caballos | 40.00 |
| mulas y asnos | 40.00 |
| cerdos | 16.00 |
| alpacas | 12.00 |
| llamas | 12.00 |
| aves de corral | 0.60 |
| cuy* | 1.00 |

Fuente: Directrices IPCC 1996, tabla 4-6
INGEI 2000*

Tabla 118: Porcentaje del nitrógeno en el estiércol producido según tipo de sistema de manejo de estiércol (SME)

| SME / Ganado | Lagunas anaeróbicas | Sistemas líquidos | Praderas y pastizales | Recolección y depósito diarios | Almacenamiento en estado sólido |
|---|---|---|---|---|---|
| lechero | - | - | 0.16 | 0.20 | - |
| no lechero | - | - | 0.14 | - | - |
| ovejas | - | - | 1.00 | - | - |
| cabras | - | - | 1.00 | - | - |
| caballos | - | - | 1.00 | - | - |
| mulas y asnos | - | - | 1.00 | - | - |
| cerdos | - | - | 0.67 | - | 0.33 |
| alpacas | - | - | 0.90 | - | - |

[56] Se considera en la fuente de suelos agrícolas

| SME / Ganado | Lagunas anaeróbicas | Sistemas líquidos | Praderas y pastizales | Recolección y depósito diarios | Almacenamiento en estado sólido |
|---|---|---|---|---|---|
| llamas | - | - | 0.70 | - | - |
| aves de corral | - | - | 0.13 | - | - |
| cuy | - | - | - | 1.00 | - |

Fuente: Dictamen de expertos

Tabla 118 (continuación): Porcentaje del nitrógeno en el estiércol producido según tipo de sistema de manejo de estiércol (SME)

| SME / Ganado | Quema como combustible | Parcelas secas | Estiércol de aves de corral con cama | Estiércol de aves de corral sin cama |
|---|---|---|---|---|
| lechero | 0.64 | - | - | - |
| no lechero | 0.77 | 0.09 | - | - |
| ovejas | - | - | - | - |
| cabras | - | - | - | - |
| caballos | - | - | - | - |
| mulas y asnos | - | - | - | - |
| cerdos | - | - | - | - |
| alpacas | 0.10 | - | - | - |
| llamas | 0.30 | - | - | - |
| aves de corral | - | - | 0.87 | - |
| cuy | - | - | - | - |

Fuente: Dictamen de expertos

Los factores de emisión aquí utilizados provienen en su mayoría del IPCC con excepción del porcentaje de nitrógeno que se produce en cada sistema de manejo de estiércol y por cada tipo de ganado, este último se obtiene a través de la opinión de expertos.

### 4.4.3. Cultivos de arroz

En esta fuente se consideran las emisiones de metano generadas por la descomposición de la materia orgánica en arrozales anegados.

#### 4.4.3.1. Elección del nivel de cálculo

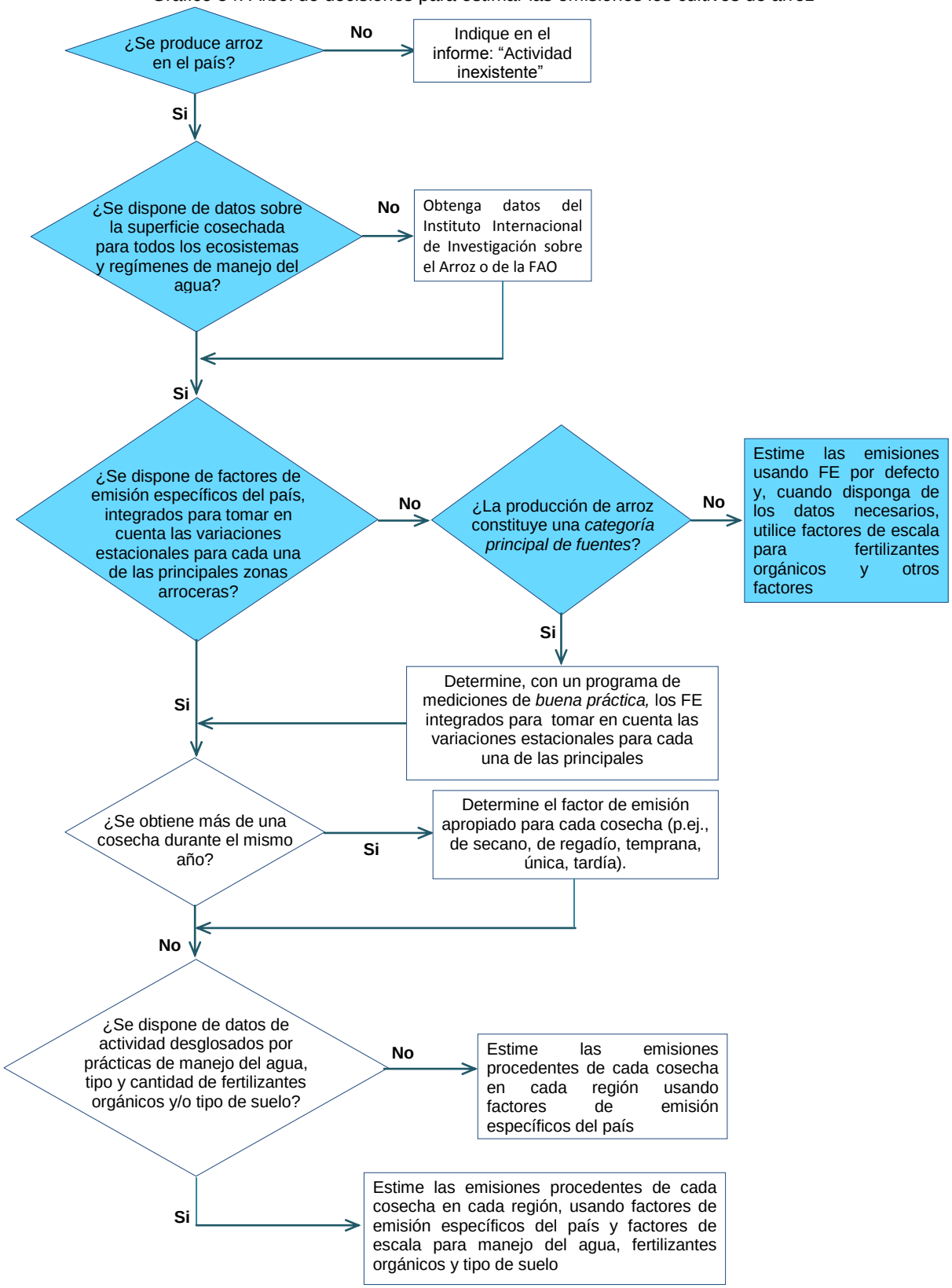
Para determinar el nivel de cálculo se ha hecho uso del árbol de decisión contenido en las OBP2000

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: requiere los datos de las hectáreas cosechadas de arroz a nivel nacional según su régimen de manejo de agua y el uso de factores de emisión por defecto del IPCC.

Nivel 2: en caso esta sea una categoría principal, se deberá aplicar el método del IPCC con el máximo grado de desglose posible, incorporando el mayor número de características y el uso de factores de emisión específicos del país.

Gráfico 54: Árbol de decisiones para estimar las emisiones los cultivos de arroz



Fuente: OBP2000 – Figura 4.9

Dado que la información disponible al 2005 no es muy detallada y siendo esta categoría poco representativa se han seguido las indicaciones del árbol de decisiones aplicándose el Nivel 1

La ecuación para la estimación de emisiones de metano por el cultivo de arroz, aplicando el Nivel 1, es el siguiente:

Ecuación 30: emisiones de metano por cultivos de arroz

$$Emisiones_{(CH4)} = \Sigma\ (FE_j \bullet S_j \bullet 10^{-12})$$

Dónde:

$Emisiones_{(CH4)}$ = emisiones de metano por fermentación entérica

$FE_j$ = factor de emisión para el sistema de riego j

$S_j$ = *superficie anual cosechada según el sistema de riego j*

*Fuente: Adecuada en base a los libros de trabajo del IPCC y GL1996, primera parte, ecuación 1, página 4.17*

Para hallar el factor de emisión propio de cada sistema de riego, se debe seguir la siguiente ecuación:

Ecuación 31: factor de emisión de metano por cultivos de arroz

$$FE = FS_W \bullet FS_O \bullet FE_{VE}$$

Donde:

$FE$ = factor de emisión integrado ajustado para una superficie de cosecha dada

$FS_W$ = factor de escala para reflejar las diferencias en los regímenes de manejo del agua

$FS_O$ = *factor de corrección para fertilizantes orgánicos*

$FE_{VE}$ = *factor de emisión para variaciones estacionales*

*Fuente: Elaborada en base a las instrucciones del libro de trabajo del IPCC*

Una vez estimados los factores de emisión según la ecuación 31, estos se deben multiplicar por las respectivas superficies cosechadas según el régimen de riego.

### 4.4.3.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría cultivos de arroz:

Tabla 119: Nivel de actividad para cultivos de arroz

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 4C | Cultivos de arroz | Superficie cosechada de arroz según región | MINAGRI - DGESEP - DEA | |
| | | Tipo de régimen de agua a nivel nacional | Dictamen de experto | No aplica |

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| | Leyenda de Calidad:<br>No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.<br>Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.<br>La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector | | | |

a) Superficie cosechada de arroz según región.- es necesario contar con información de las hectáreas totales de arroz cosechadas según región. En el Perú a través del MINAGRI se genera información solo de las hectáreas de arroz cosechadas pero no de su sistema de riego.

Tabla 120: Hectáreas de arroz cosechadas

| Región | Arroz cosechado (ha) |
|---|---|
| Tumbes | 15,144 |
| Piura | 47,243 |
| Lambayeque | 41,905 |
| La Libertad | 27,602 |
| Cajamarca | 25,315 |
| Amazonas | 2,583 |
| Ancash | 3,144 |
| Lima | 19,588 |
| Lima metropolitana | 32,294 |
| Callao | 2,131 |
| Ica | 4 |
| Huánuco | - |
| Pasco | 8,108 |
| Junín | 1,185 |
| Huancavelica | 1,911 |
| Arequipa | - |
| Moquegua | 15,707 |
| Tacna | - |
| Ayacucho | - |
| Apurímac | 506 |
| Cusco | - |
| Puno | - |
| San Martín | - |
| Loreto | 2,985 |
| Ucayali | 284 |
| Madre de Dios | 77,390 |
| **Nacional** | **357,883** |

Fuente: MINAGRI

b) Regímenes del manejo de agua para cultivos de arroz.- el IPCC establece distintas categorías para los regímenes de manejo de agua (regadío, secano y aguas profundas), sin embargo a nivel nacional no se genera esta información y por ende es dictaminada por expertos. La participación de los regímenes de manejo de agua para el Perú se detalla a continuación:

Tabla 121: Regímenes del manejo de agua en el Perú

| Régimen de gestión del agua | | | Participación (%) |
|---|---|---|---|
| De regadío | Anegados continuamente | | 0.37 |
| | Anegados intermitentemente | Aeración sencilla | 0.43 |
| | | Aeración múltiple | 0 |
| De secano | Anegadizos | | 0.1 |
| | Expuesto a la sequía | | 0.1 |
| Aguas profundas | Profundidad del agua 50-100 cm | | 0 |
| | Profundidad del agua > 100 cm | | 0 |

Fuente: Ing. Carlos Bruzzone[57]

### 4.4.3.3. Variables y constantes

Esta fuente genera solo emisiones de metano, las mismas que se estiman en base a los siguientes factores de emisión:

Tabla 122: Factores de emisión para los cultivos de arroz

| Régimen de gestión del agua | | | Factor de escala* | Factor de corrección para el fertilizante orgánico** | FE variaciones estacionales - arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos*** ($g/m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| De regadío | Anegados continuamente | | 1.00 | 1.00 | 20.00 |
| | Anegados intermitentemente | Aeración sencilla | 0.50 | 1.00 | 20.00 |
| | | Aeración múltiple | 0.20 | 1.00 | 20.00 |
| De secano | Anegadizos | | 0.80 | 1.00 | 20.00 |
| | Expuesto a la sequía | | 0.40 | 1.00 | 20.00 |
| Aguas profundas | Profundidad del agua 50-100 cm | | 0.80 | 1.00 | 20.00 |
| | Profundidad del agua > 100 cm | | 0.60 | 1.00 | 20.00 |

Fuente: *Directrices IPCC 1996, tabla 4-10
** Directrices IPCC 1996, página 4.18, numeral 3
*** Directrices IPCC 1996, tabla 4-11

Las Directrices del IPCC señalan que para el factor de corrección del fertilizante orgánico se debe usar el valor de 2, sin embargo por ser esta actividad prácticamente nula en el Perú se considera, según las indicaciones del IPCC, usar el valor de 1.

## 4.4.4. Suelos agrícolas

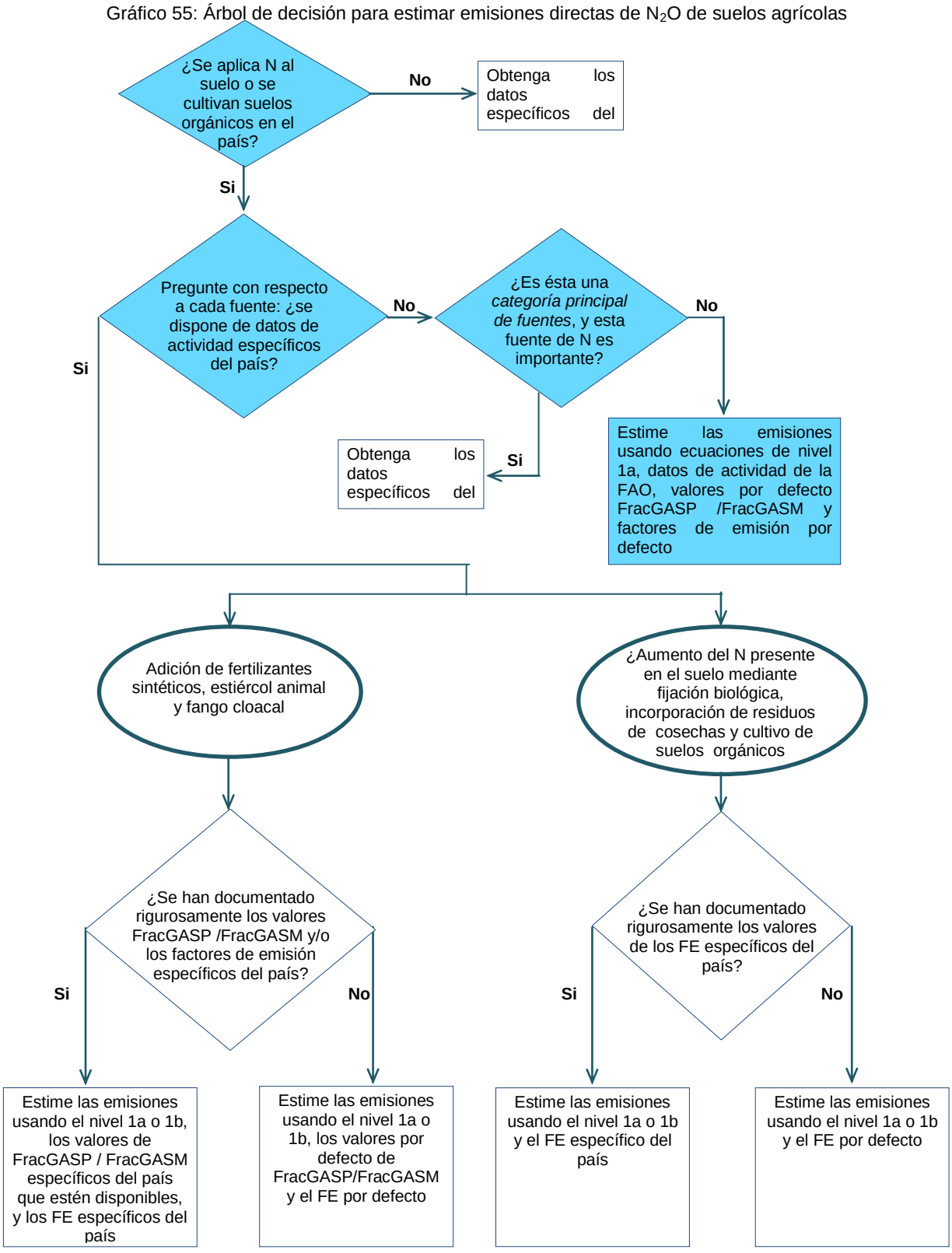
Esta fuente genera solo emisiones directas de óxido nitroso derivadas de la aplicación de fertilizantes sintéticos, estiércol animal y la incorporación de residuos de las cosechas en los suelos dedicados a la agricultura y las emisiones indirectas generadas por el nitrógeno atmosférico depositado en los suelos (NOx y $NH_4$) y por la lixiviación que se deposita en los suelos.

[57] Especialista en arroz que ha emitido opinión sobre sistemas de riego a los inventarios de los años 2000 y 2010

### 4.4.4.1. Elección del nivel de cálculo

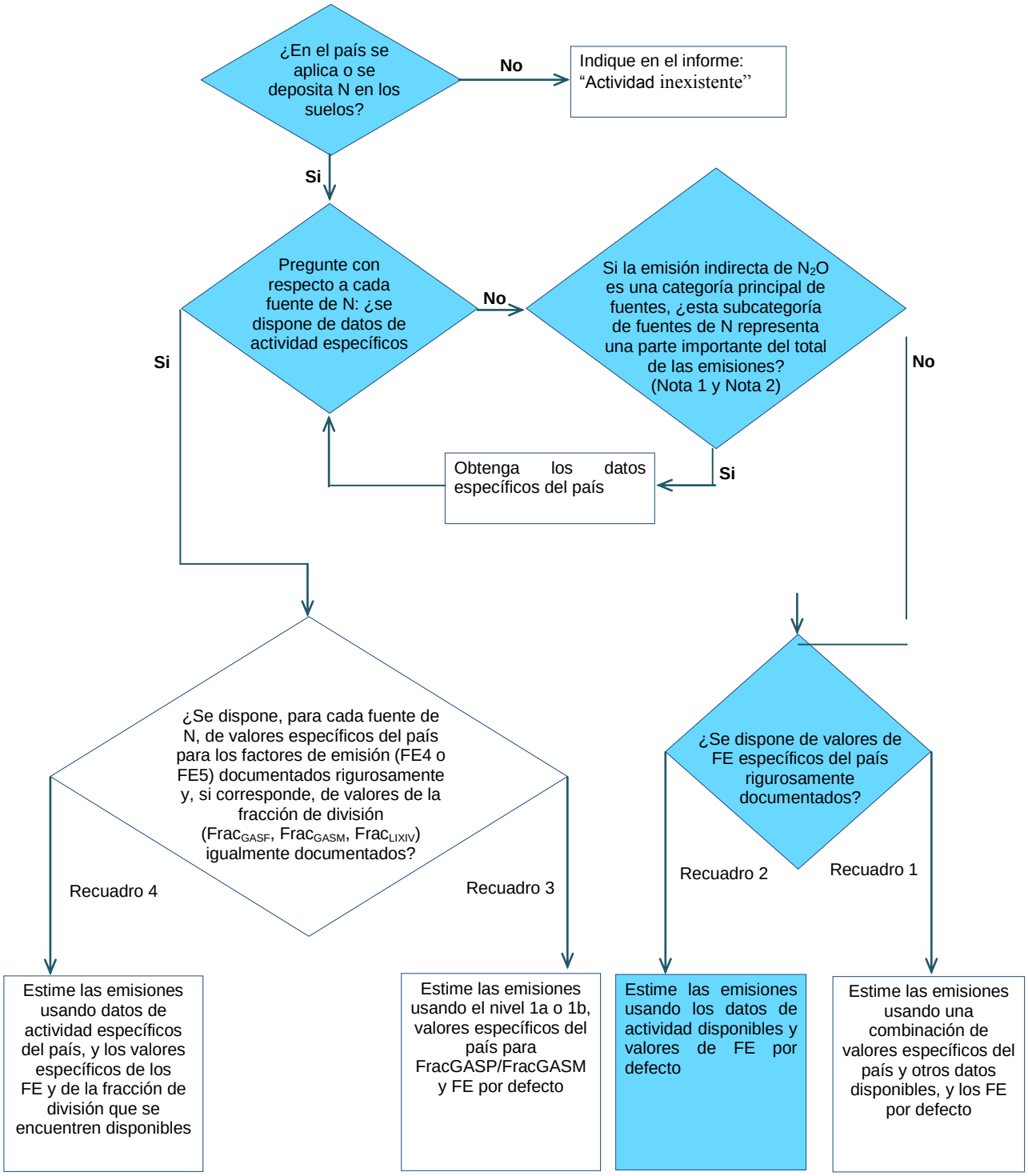
El IPCC ha diseñado dos árboles de decisiones, uno para determinar las estimaciones de emisiones de óxido nitroso de forma directa y otro para emisiones indirectas

Gráfico 55: Árbol de decisión para estimar emisiones directas de $N_2O$ de suelos agrícolas




Fuente: OBP2000, figura 4.7, página 4.61

Gráfico 56: Árbol de decisión para estimar emisiones indirectas de $N_2O$ de suelos agrícolas




Fuente: OBP2000, figura 4.8, página 4.77

La ecuación básica, para determinar las emisiones directas de óxido nitroso, procedentes de los suelos agrícolas, según lo señalado por el árbol de decisión es la siguiente:

Ecuación 32: emisiones directas de óxido nitroso procedente de los suelos agrícolas (nivel 1)

$$N_2O_{Directo} - N = [(F_{SN} + F_{EA} + F_{NB} + F_{RC)} \bullet FE_1] + (F_{SO} \bullet FE_2)$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $N_2O_{Directo} - N$ | = *emisión de $N_2O$ en unidades de nitrógeno* |
| $F_{SN}$ | = *cantidad anual de nitrógeno en los fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos y que no volatilizan* |
| $F_{EA}$ | = *cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal aplicado intencionalmente a los suelos* |
| $F_{NB}$ | = *cantidad de nitrógeno fijado por las variedades fijadoras de N que se cultivan anualmente* |
| $F_{RC}$ | = *cantidad de nitrógeno en residuos de cosechas que se reintegran anualmente a los suelos* |
| $FE_1$ | = *factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de N (kg de $N_2O$-N/kg aporte de N)* |
| $F_{SO}$ | = *superficie de suelos orgánicos que se cultiva anualmente* |
| $FE_2$ | = *factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes del cultivo de suelos orgánicos (kg de N2O-N/ha-año)* |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, páginas 4.36 y 4.40

Para determinar las emisiones indirectas, es decir las emisiones de óxido nitroso que se generan por la deposición en los suelos, del nitrógeno procedente de la atmósfera y de la lixiviación, se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

$$N_2O_{(G)} - N = [(N_{FERT} \bullet Frac_{GASF}) + (\Sigma_{(T)}(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)}) \bullet Frac_{GASM})] \bullet FE_4$$

Ecuación 33**:** $N_2O$ procedente de la deposición atmosférica (nivel 1a)

Dónde:

| | |
|---|---|
| $N_2O_{(G)} - N$ | = *$N_2O$ producido por la deposición atmosférica de N, en kg de N/año* |
| $N_{FERT}$ | = *cantidad total de fertilizantes nitrogenados sintéticos aplicados a los suelos, en kg de N/año* |
| $\Sigma_T(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)})$ | = *cantidad total de nitrógeno existente en el estiércol animal excretado en los campos, en kg de N/año* |
| $Frac_{GASF}$ | = *fracción de los fertilizantes nitrogenados sintéticos que se volatiliza como $NH_3$ y NOx, en kg de $NH_3$-N y NOx-N/kg de aporte de N* |

$Frac_{GASM}$ = *fracción del nitrógeno del estiércol animal que se volatiliza como $NH_3$ y NOx, en kg de $NH_3$- N y NOx-N/kg de N excretado*

$FE_4$ = *factor de emisión correspondiente a las emisiones de $N_2O$ procedentes de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies acuáticas, en kg de N2O-N/kg de $NH_3$-N y NOx-N emitido*

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de GL1996, segunda parte, página 4.43

$$N_2O_{(L)} - N = [N_{FERT} + (\Sigma_{(T)}(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)}) \bullet Frac_{LIXIV})] \bullet FE_5$$

Ecuación 34: Depósito de N por lixiviación de la escorrentía (nivel 1a)

Dónde:

$N_2O_{(L)} - N$ = *N depositado por lixiviación*

$N_{FERT}$ = *cantidad total de fertilizantes nitrogenados sintéticos aplicados a los suelos, en kg de N/año*

$\Sigma_T(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)})$ = *cantidad total de nitrógeno existente en el estiércol animal excretado en los campos, en kg de N/año*

$Frac_{LIXIV}$ = *fracción de aporte de nitrógeno que se pierde por lixiviación*

$FE_5$ = *factor de emisión correspondiente a la lixiviación*

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, páginas 4.43 y 4.44

### 4.4.4.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría suelos agrícolas:

Tabla 123: Nivel de actividad para suelos agrícolas

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información |
|---|---|---|---|
| 4D | Suelos Agrícolas | Aporte de fertilizante según tipo | MINAGRI - DGESEP - DEA SUNAT |
| | | Concentración de Nitrógeno por cada fertilizante | FAO – Los fertilizantes y su uso, cuadro - 2 |
| | | Producción anual de cultivos no fijadores de nitrógeno y de legumbres y soyas | MINAGRI - DGESEP - DEA |

Leyenda de Calidad:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Aporte de nitrógeno (N) procedente de los fertilizantes.- La cantidad de fertilizantes usados según tipo es información proveída por el MINAGRI, quien a su vez la obtiene de la SUNAT. Teniendo este dato y la respectiva participación de nitrógeno por cada fertilizante (FAO) es que se determina la cantidad total de N que se deposita en los suelos agrícolas.

Tabla 124: Importación de principales fertilizantes químicos

| Tipo de Fertilizantes Nitrogenado | Cantidad (t) |
|---|---|
| Urea, uso agrícola | 114,018,266 |
| Fosfato di-amónico | 25,124,040 |
| Sulfato de amonio | 22,795,111 |
| Nitrato de amonio, uso agrícola | 20,507,457 |

Fuente: Insumos y servicios agropecuarios 2012, cuadro 2, página 10 – MINAGRI

Tabla 125: Porcentaje de nitrógeno en fertilizantes

| Tipo de Fertilizante | N en el fertilizante |
|---|---|
| Urea uso agrícola | 46% |
| Fosfato diamónico | 18% |
| Sulfato de Amonio | 21% |
| Nitrato de Amonio | 34% |

Fuente: Los fertilizantes y su uso, cuadro 2, página 38 -FAO

b) Producción anual de cultivos fijadores y no fijadores del nitrógeno.- debido al uso de factores de emisión diferenciados es necesario contar con información de los principales cultivos separando aquellos que son fijadores del nitrógeno de los que no lo son.

Tabla 126: Producción de cultivos no fijadores del nitrógeno

| Cultivos | Producción (kg de cultivo) |
|---|---|
| Alcachofa* | 67,942,430 |
| Algodón | 207,315,857 |
| Arroz | 2,468,357,407 |
| Camote | 184,422,289 |
| Caña de azúcar | 6,304,065,471 |
| Cebada | 193,085,214 |
| Espárrago | 206,026,410 |
| Cebolla | 493,258,153 |
| Maíz amarillo duro | 206,026,410 |
| Maíz amiláceo | 1,592,120,946 |
| Oca | 114,056,050 |
| Olluco | 23,916,666 |
| Papa | 3,289,699,404 |
| Trigo | 178,459,511 |
| Yuca | 1,004,453,597 |

Fuente: Producción agrícola 2012, cuadro 3, páginas 16-19 – MINAGRI
* Producción Hortofrutícola 2012, cuadro 21, página 24 - MINAGRI

Tabla 127: Producción de cultivos fijadores del nitrógeno

| Cultivos | Producción (kg de cultivo) |
|---|---|
| Alfalfa | 5,605,880,143 |
| Arveja | 264,852,904 |
| Frijol | 90,948,189 |
| Habas | 105,527,498 |

Fuente: Producción agrícola 2012, cuadro 3, páginas 16-17 – MINAGRI

A continuación se presenta de forma resumida los niveles de actividad que se requieren para realizar las estimaciones por los suelos agrícolas, para cada una de estas se presenta además su procedencia o fuente y una calificación de la calidad de los mismos.

#### 4.4.4.3. Variables y constantes

Los factores de emisión utilizados para esta fuente se detallan líneas debajo.

Tabla 128: Factores de emisión usados por suelos agrícolas

| Factor de emisión | Valor |
|---|---|
| FE1: (kg N2O-N/kg)** | 0.0125 |
| $Frac_{Comb}$**** | 0.1500 |
| $Frac_{Past}$**** | 0.6000 |
| $Frac_{Gasm}$: (kg NH3-N + Nox-N/kg N)* | 0.2000 |
| $Frac_{NCR0}$: (kgN/kg de biomasa seca)* | 0.0150 |
| $Frac_{NCRBF}$: (kgN/kg de biomasa seca)* | 0.0300 |
| $Frac_{R}$***** | 0.5000 |
| FE3: Praderas y pastizales*** | 0.0200 |
| $Frac_{Gasf}$: (kg NH3-N + NOx-N/kg N) | 0.1000 |
| FE4: (kg N2O-N por kg NH3-N y Nox-N)** | 0.0100 |
| $Frac_{Lix}$: (kgN/kg de N del fertilizante o el estiércol)* | 0.3000 |
| FE5: (kg N2O-N/kg lixiviación o escorrentía)** | 0.0250 |

Fuente: * Directrices IPCC 1996, tabla 4.17, página 4.38
** Directrices IPCC 1996, tabla 4.18, página 4.41
*** OBP, cuadro 4.12, página 4.48
**** Valores usados en INGEI 2000 dictaminado por expertos
***** OBP, página 4.70

Una vez realizadas todas las ecuaciones establecidas para cada una de las fuentes de emisión del sector, según las metodologías identificadas, se procede al cálculo respectivo.

### 4.4.5. Quema de sabanas

En esta fuente se consideran las emisiones de metano y óxido nitroso que se generan por la quema de las sabanas o pastizales a nivel nacional.

#### 4.4.5.1. Elección del nivel de cálculo

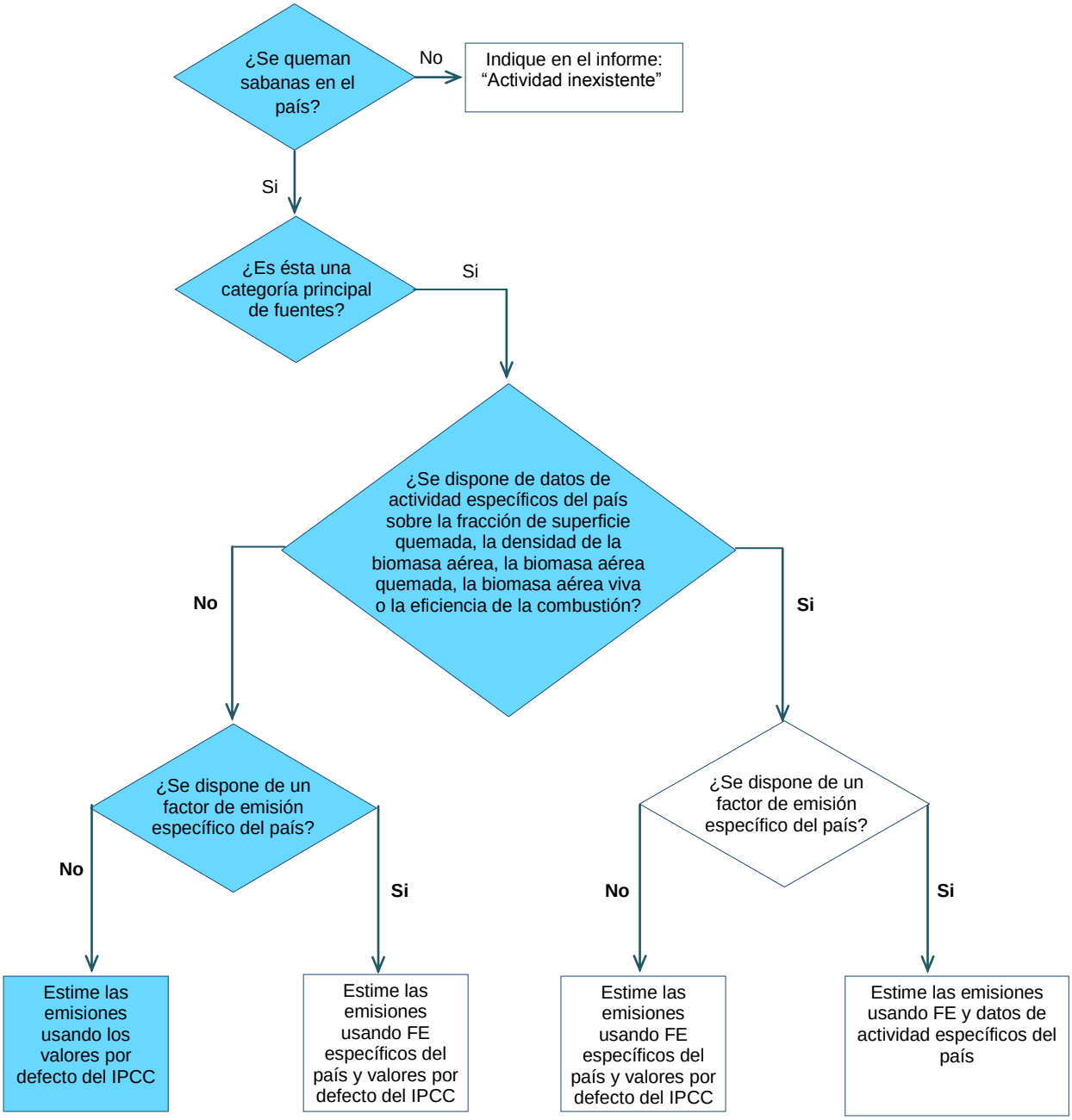
El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: no se poseen datos específicos del país pero si aproximaciones de datos tales como: la fracción de superficie quemada, la densidad de la biomasa aérea, la biomasa aérea quemada, la biomasa aérea viva o la eficiencia de la combustión y además se utilizan factores de emisión por defecto.

Nivel 2: en caso se disponga de data nacional sobre las variables mencionadas anteriormente además de factores de emisión nacionales.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico 57: Árbol de decisiones para la quema de sabanas




Fuente: OBP2000, figura 4.5

Las emisiones de metano y óxido nitroso se calculan a través de ecuaciones que requieren como información base los pastos (biomasa) quemados multiplicados por distintas variables y factores de conversión para cada gas emitido (metano y óxido nitroso). Las ecuaciones a ejecutar se presentan a continuación.

Ecuación 35: cantidad de biomasa viva que es quemada

$$CBV_q = S_q \bullet DB \bullet F_{rq} \bullet FBV_q$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $CBV_q$ | = Cantidad de biomasa viva quemada |
| $S_q$ | = Superficie quemada (ha) |
| $DB$ | = *Densidad de la biomasa (t/ha)* |
| $F_{rq}$ | = *Fracción realmente quemada* |
| $FBV_q$ | = *Fracción de la biomasa viva realmente quemada* |

*Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, página 4.28*

Ecuación 36: cantidad de biomasa muerta que es quemada

$$CBM_q = S_q \bullet DB \bullet F_{rq} - CBV_q$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $CBM_q$ | = Cantidad de biomasa muerta quemada |
| $S_q$ | = Superficie quemada (ha) |
| $DB$ | = *Densidad de la biomasa (t/ha)* |
| $F_{rq}$ | = *Fracción realmente quemada* |
| $CBV_q$ | = Cantidad de biomasa viva quemada |

*Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, página 4.29*

Ecuación 37: carbono total liberado

$$CTL = \Sigma[(CBV_q \bullet FO_{BV} \bullet FC_{BV}) + (CBM_q \bullet FO_{BM} \bullet FC_{BM})]$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $CTL$ | = *Carbono total liberado* |
| $CBV_q$ | = Cantidad de biomasa viva quemada |
| $CBM_q$ | = Cantidad de biomasa muerta quemada |
| $FO_{BV/BM}$ | = *Fracción oxidada de biomasa viva* $_{(BV)}$ *o biomasa muerta* $_{(BM)}$ |
| $FC_{BV/BM}$ | = *Fracción de carbono de biomasa viva* $_{BV)}$ *o biomasa muerta* $_{(BM)}$ |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, página 4.29

Ecuación 38: emisiones de GEI

$$Emisiones\ de\ GEI\ (CH_4\ o\ N_2O) = CTL \bullet R_{N/C} \bullet R_{emis\ (C\ o\ N)} \bullet R_{conv\ (CH_4\ o\ N_2O)}$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| *CTL* | *= Carbono total liberado* |
| $R_{N/C}$ | *= Relación nitrógeno/carbono* |
| $R_{emis\ (C\ o\ N)}$ | *= Relación de emisión de carbono o nitrógeno* |
| $R_{conv\ (CH_4\ o\ N_2O)}$ | *= Relación de conversión a metano u óxido nitroso* |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, páginas 4.30 y 4.31

### 4.4.5.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría quema de sabanas:

Tabla 129: Nivel de actividad para la quema de sabanas

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 4E | Quema de sabanas | Superficie de pastos por región | Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012 - (INEI - MINAGRI) | |
| | | Densidad de biomasa de la sabana | INGEI 1994 | No aplica |

Leyenda de Calidad:
- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Superficie de pastos por región y fracción quemada.- en el Perú existe información de los pastos naturales según región para los años en que se realizan los censos agropecuarios. No se genera información sobre la superficie de pastos quemados, en anteriores inventarios se ha considerado que la fracción quemada era de 30%, sin embargo y a través del dictamen de expertos[58] es que se determina una cifra porcentual de las sabanas que son quemadas la cual es 20%.

Tabla 130: Superficies agropecuarias por departamento

| Departamento | Total de Pastos Naturales (ha) |
|---|---|
| Amazonas | 205,485 |
| Ancash | 791,699 |
| Apurímac | 870,612 |
| Arequipa | 1,596,184 |
| Ayacucho | 1,390,088 |
| Cajamarca | 608,011 |
| Cusco | 1,752,043 |
| Huancavelica | 890,932 |

[58] Fuente: Actualización del Inventario GEI del Perú al año 2009 - PlanCC

| Departamento | Total de Pastos Naturales (ha) |
|---|---|
| Huánuco | 501,880 |
| Ica | 160,969 |
| Junín | 1,154,685 |
| La Libertad | 209,815 |
| Lambayeque | 252,600 |
| Lima | 1,268,414 |
| Loreto | 82,798 |
| Madre de Dios | 17,633 |
| Moquegua | 420,242 |
| Pasco | 440,639 |
| Piura | 789,208 |
| Puno | 3,492,350 |
| San Martín | 66,718 |
| Tacna | 329,527 |
| Tumbes | 3,477 |
| Ucayali | 73,930 |
| **Total** | **17,369,939** |

Fuente: Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario, anexo 01, página 41

b) Densidad de la biomasa de la sabana.- esta información no es generada por tal motivo y como ha ocurrido con el resto de inventarios se han utilizado los valores usados en el INGEI del año 1994 los cuales se presentan en la tabla 24.

Tabla 131: Densidad de la biomasa de sabana por departamento

| Departamentos | Densidad de biomasa (t dm/ha) |
|---|---|
| Amazonas | 4.89 |
| Ancash | 2.29 |
| Apurímac | 2.29 |
| Arequipa | 2.29 |
| Ayacucho | 2.29 |
| Cajamarca | 2.29 |
| Cusco | 2.29 |
| Huancavelica | 2.29 |
| Huánuco | 2.29 |
| Ica | 2.29 |
| Junín | 2.29 |
| La Libertad | 2.29 |
| Lambayeque | 2.29 |
| Lima | 2.29 |
| Loreto | 5.67 |
| Madre de Dios | 5.67 |
| Moquegua | 2.29 |
| Pasco | 2.29 |
| Piura | 3.29 |

| Departamentos | Densidad de biomasa (t dm/ha) |
|---|---|
| Puno | 2.29 |
| San Martín | 5.67 |
| Tacna | 2.29 |
| Tumbes | 3.29 |
| Ucayali | 5.67 |

Fuente: INGEI 1994

#### 4.4.5.3. Variables y constantes

Esta fuente genera tanto emisiones de metano como óxido nitroso, los factores de emisión utilizados para hallar las estimaciones se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 132: Factores de emisión usados por quema de sabanas

| Factor de emisión | Valor |
|---|---|
| Fracción de biomasa quemada realmente* | 0.850 |
| Fracción de la biomasa viva** | 0.800 |
| Fracción de la biomasa muerta** | 1.000 |
| Fracción de carbono viva** | 0.450 |
| Fracción de carbono muerta** | 0.400 |
| Relación nitrógeno-carbono*** | 0.006 |
| Relación de emisión de CH4**** | 0.004 |
| Relación de emisión de N2O**** | 0.007 |

Fuente: *OBP, cuadro 4.A1, página 4.96
** Directrices IPCC 1996, tabla 4-13, página 4.29
*** Directrices IPCC 1996, página 4.30, numeral 1
**** Directrices IPCC 1996, tabla 4-13, página 4.30

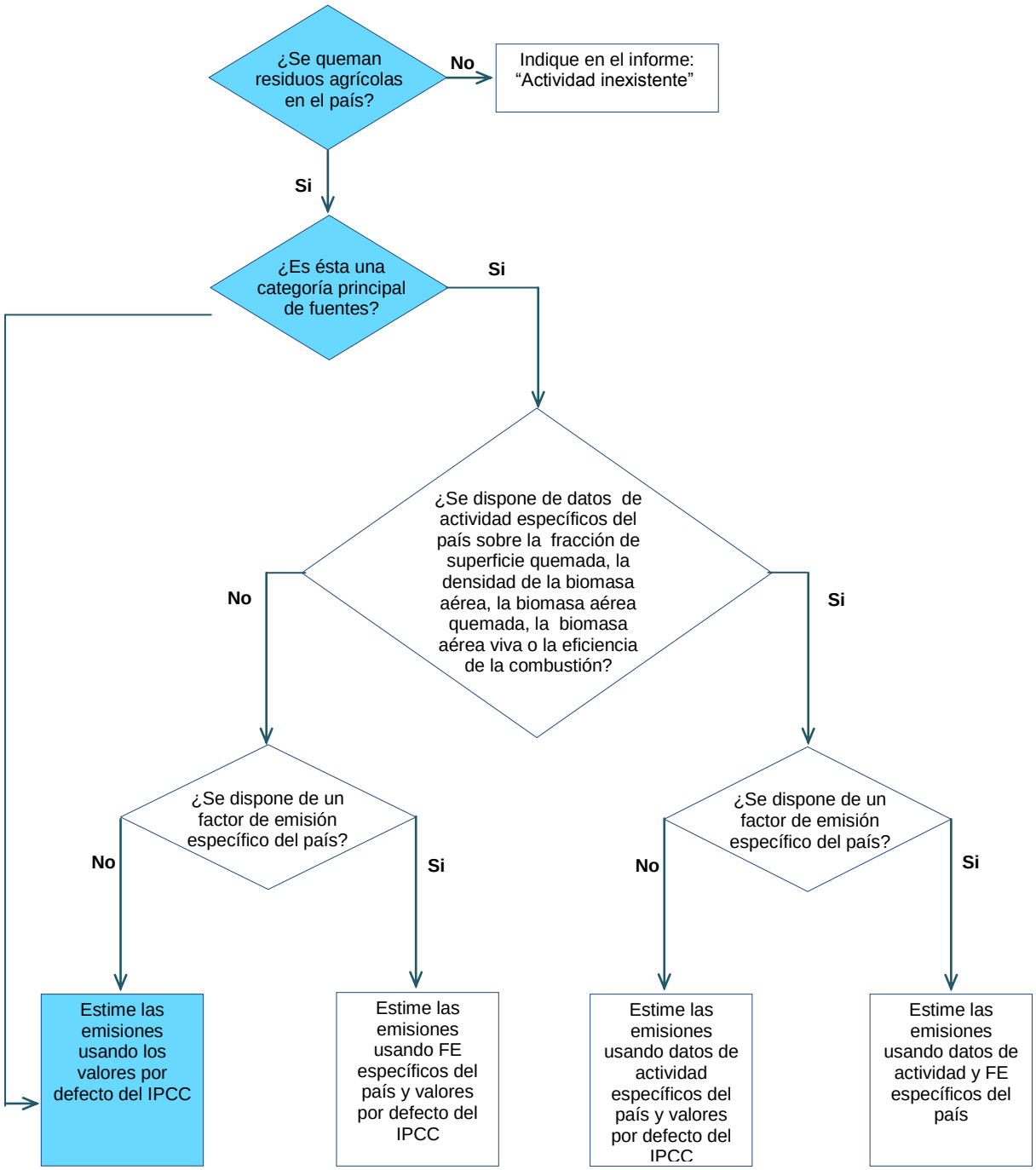
### 4.4.6. Quema de residuos agrícolas

En esta fuente, tal como la anterior, se consideran las emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la práctica agrícola de quema de residuos agrícolas. La quema de residuos agrícolas no se considera una fuente neta de dióxido de carbono porque el carbono liberado en la atmósfera se supone se reabsorbe durante el siguiente período de crecimiento

#### 4.4.6.1. Elección del nivel de cálculo

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar que nivel debe utilizarse:

Gráfico 58: Árbol de decisión para la quema de residuos agrícolas




Fuente: OBP2000, figura 4.6, página 4.57

Para estimar las emisiones de esta fuente es necesario conocer la cantidad de residuos agrícolas que se generan según tipo de cultivo, determinar para cada uno su contenido en seco, la biomasa total quemada, y el carbono y nitrógeno liberado. Este último se obtiene a través de la aplicación de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 39: Carbono liberado por la quema de residuos agrícolas

$$C_{lib} = R_{Res/Cos} \bullet FMS \bullet FQC \bullet FO \bullet FC_{Res}$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $C_{lib}$ | = carbono liberado, en Gg de carbono |
| $R_{Res/Cos}$ | = *relación de residuos por cosecha* |
| FMS | = fracción de materia seca |
| FQC | = fracción quemada en campos |
| FO | = fracción oxidada |
| $FC_{Res}$ | = *fracción de carbono en los residuos* |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, páginas 4.32 y 4.33

Una vez obtenido el carbono liberado por cada uno de los cultivos se estima el nitrógeno liberado multiplicando este valor obtenido por su respectivo factor de relación de nitrógeno/carbono.

Ecuación 40: Nitrógeno liberado por la quema de residuos agrícolas

$$N_{lib} = C_{lib} \bullet R_{N/C}$$

Donde:

| | |
|---|---|
| $N_{lib}$ | = nitrógeno liberado, en Gg de carbono |
| $C_{lib}$ | = carbono liberado, en Gg de carbono |
| $R_{N/C}$ | = *relación nitrógeno – carbono* |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, página 4.34

Finalmente, para obtener las emisiones de metano y óxido nitroso, la cantidad de carbono y nitrógeno liberado se debe multiplicar por un factor de relación de emisión distinto para cada gas y además multiplicar por otro factor de relación de conversión también para cada gas.

Ecuación 41: Emisiones de metano y óxido nitroso por la quema de residuos agrícolas

$$Emisiones_{(CH_4/N_2O)} = C\ o\ N_{lib} \bullet Remi_{(CH_4/N_2O)} \bullet Rconv_{(CH_4/N_2O)}$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $Emisiones_{(CH_4/N_2O)}$ | = emisiones de metano u óxido nitroso |
| $C\ o\ N_{lib}$ | = carbono o nitrógeno liberado, en Gg de carbono |
| $Remi_{(CH_4/N_2O)}$ | = *relación de emisión* de metano u óxido nitroso |
| $Rconv_{(CH_4/N_2O)}$ | = *relación de conversión* de metano u óxido nitroso |

Fuente: Elaborada en base a las instrucciones de las GL1996, segunda parte, páginas 4.34 y 4.35

### 4.4.6.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría quema de sabanas:

Tabla 133: Nivel de actividad para la quema de residuos agrícolas

| Código OBP2000 | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 4F | Quema de residuos agrícolas | Producción anual de cultivos según tipo | MINAGRI - DGESEP - DEA | |
| | | Fracción quemada en campos | INGEI y expertos | No aplica |

Leyenda de Calidad:
No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Producción anual de cultivos según tipo.- esta información se genera por el MINAGRI anualmente y los cultivos considerados para la estimación de emisiones de GEI son los mismos considerados en los inventarios anteriores, es decir: algodón, arroz, caña de azúcar, cebada, espárrago, frijol, maíz (maíz amarillo duro y maíz amiláceo), papa y trigo. Además se han incluido otros cultivos de relevancia nacional (alcachofa, arveja, camote, cebolla, habas, oca, olluco y yuca), los que fueron incluidos debido a las grandes extensiones de superficies cosechadas y alta producción[59] y a las recomendaciones recibidas por Marcelo Rocha, especialista brasilero en inventarios de GEI del sector agricultura.

Tabla 134: Producción anual de cultivos según tipo

| Cultivos | Producción (Gg de cultivo) |
|---|---|
| Alcachofa* | 67.94 |
| Alfalfa | 5,605.88 |
| Algodón | 207.32 |
| Arroz | 2,468.36 |
| Arveja | 119.33 |
| Camote | 184.42 |
| Caña de azúcar | 6,304.07 |
| Cebada | 193.09 |
| Cebolla | 493.26 |
| Espárrago | 206.03 |
| Frijol | 90.95 |
| Habas | 105.53 |
| Maíz | 1,592.12 |
| Oca | 114.06 |
| Olluco | 23.92 |
| Papa | 3,289.70 |
| Trigo | 178.46 |
| Yuca | 1,004.45 |

[59] Fuente: Actualización del Inventario GEI del Perú al año 2009, PlanCC

Fuente: Producción agrícola 2012, MINAGRI
* Producción Hortofrutícola 2012

b) Fracción de residuos que se queman en campo.- es necesario conocer qué porcentaje de los residuos son quemados según el tipo de cultivo. Esta información no se genera oficialmente por lo que se ha determinado en base a la opinión de expertos en algunos casos y al uso de factores usados en anteriores inventarios.

Tabla 135: Fracción de residuos quemados en campo

| Cultivos | Fracción quemada en campo |
|---|---|
| Alcachofa | 0.7 |
| Alfalfa | 0.00 |
| Algodón | 1.00 |
| Arroz | 0.25 |
| Arveja | 0.10 |
| Camote | 0.05 |
| Caña de azúcar | 1.00 |
| Cebada | 0.05 |
| Cebolla | 0.7 |
| Espárrago | 0.00 |
| Frijol | 0.10 |
| Haba | 0.10 |
| Maíz | 0.12 |
| Oca | 0.05 |
| Olluco | 0.05 |
| Papa | 0.05 |
| Trigo | 0.05 |
| Yuca | 0.05 |

Fuente: Dictamen de expertos e inventarios anteriores

### 4.4.6.3. Variables y constantes

Para esta fuente se consideran factores de emisión propios para cada tipo de cultivo.

Tabla 136: Factores de emisión usados por la quema de residuos agrícolas

| Cultivos | Relación residuo/ producto de la cosecha | Fracción de materia seca | Fracción quemada en campo | Fracción oxidada** |
|---|---|---|---|---|
| Alcachofa | 0.8* | 0.70 | 0.70 | 0.9 |
| Algodón | 7.53 | 0.6 | 1.00*** | 0.9 |
| Arroz | 1.4* | 0.85* | 0.25*** | 0.9 |
| Arveja | 2.1 | 0.85 | 0.10 | 0.9 |
| Camote | 0.4 | 0.40 | 0.05 | 0.9 |
| Caña de azúcar | 0.16 | 0.4*** | 1.00*** | 0.9 |
| Cebada | 1.2* | 0.85* | 0.05*** | 0.9 |
| Cebolla | 2.8 | 0.70 | 0.70 | 0.9 |
| Espárrago | 2.8 | 0.7*** | 0.00*** | 0.9 |
| Frijol | 2.1* | 0.85* | 0.10*** | 0.9 |

| Cultivos | Relación residuo/ producto de la cosecha | Fracción de materia seca | Fracción quemada en campo | Fracción oxidada** |
|---|---|---|---|---|
| Habas | 2.1 | 0.85 | 0.10 | 0.9 |
| Maíz | 1* | 0.75*** | 0.12*** | 0.9 |
| Oca | 0.4 | 0.4 | 0.05 | 0.9 |
| Olluco | 0.4 | 0.4 | 0.05 | 0.9 |
| Papa | 0.4* | 0.4*** | 0.05*** | 0.9 |
| Trigo | 1.3* | 0.85* | 0.05*** | 0.9 |
| Yuca | 0.4 | 0.4 | 0.05 | 0.9 |

Fuente: * OBP 2000, cuadro 4.16, página 4.64
** Directrices IPCC 1996, página 4.33 (paso 3)
*** Datos usados en inventarios anteriores en base a dictamen de expertos

Las fracciones de nitrógeno y carbono en los residuos así como la relación entre los mismos se detallan a continuación:

Tabla 137: Fracción de nitrógeno y carbono en residuos agrícolas

| Cultivos | Fracción de N | Fracción de C | Relación N - C |
|---|---|---|---|
| Alcachofa** | | | 0.0150 |
| Algodón | | | 0.0150 |
| Arroz | 0.0067 | 0.4144 | 0.0162 |
| Arveja | | | 0.0150 |
| Camote** | 0.0110 | 0.4226 | 0.0260 |
| Caña de azúcar | 0.0040 | 0.4235 | 0.0094 |
| Cebada | 0.0043 | 0.4567 | 0.0094 |
| Cebolla** | | | 0.0150 |
| Espárrago | | | 0.0150 |
| Frijol | | | 0.0150 |
| Haba** | | | 0.0150 |
| Maíz | 0.0081 | 0.4709 | 0.0172 |
| Oca** | 0.0110 | 0.4226 | 0.0260 |
| Olluco** | 0.0110 | 0.4226 | 0.0260 |
| Papa | 0.0110 | 0.4226 | 0.0260 |
| Trigo | 0.0028 | 0.4853 | 0.0058 |
| Yuca** | 0.0110 | 0.4226 | 0.0260 |

Fuente: OBP 2000, cuadro 4.16, página 4.64

Las tasas de emisión para la estimación de emisiones de metano y óxido nitroso son las siguientes:

Tabla 138: Tasas de emisión

| Gas | Valor |
|---|---|
| $CH_4$ | 0.0050 |
| $N_2O$ | 0.0070 |

Fuente: Directrices IPCC 1996, tabla 4-16

## 4.5. Uso de suelos y cambio de uso de suelos y Silvicultura

Para los cálculos en el sector Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS), se ha considerado las Directrices del IPCC de 1996 que se complementan con las recomendaciones metodológicas adicionales provistas en la guía Orientación Sobre las Buenas Prácticas en el Sector UTCUTS 2003 (OBP 2003), que a su vez se sustenta en las directrices. Todo el presente capítulo está basado en dicha guía.

Tabla 139: Categoría de fuentes en el sector USCUSS

| IPCC 1996 | OBP | OBP | DEPOSITO DE C / OTROS GASES | DETALLE |
|---|---|---|---|---|
| 5A | TF | TFTF | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Materia Orgánica Muerta | Madera Muerta |
| | | | | Detritus |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | Otros Gases | CH4, N2O, CO, NOx |
| | | TTF | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Materia Orgánica Muerta | Madera Muerta |
| | | | | Detritus |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | Otros Gases | CH4, N2O, CO, NOx |
| | TA | TATA | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | | Encalado |
| 5B | | TFTA | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | | Encalado |
| | | | Otros Gases | CH4, N2O, CO, NOx |
| | | | | N2O (de suelo) |
| | P | PP | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | | Cal |
| | | | Otros Gases | CH4, N2O, CO, NOx |
| | | TFP | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |

| IPCC 1996 | OBP | OBP | DEPOSITO DE C / OTROS GASES | DETALLE |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |
| | | | | Reservas de C en Suelos Orgánicos |
| | | | | Cal |
| | | | Otros Gases | CH4, N2O, CO, NOx |
| | A | AA | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | TFA | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | OT | TFOT | Biomasa Viva | Biomasa Aérea |
| | | | | Biomasa Radicular |
| | | | Carbono Orgánico del Suelo | Reservas de C en Suelos Minerales |

Leyenda

| |
|---|
| 5A: Cambios de biomasa y otros Stock de leñosos |
| 5B: Conversión en bosques y praderas |
| 5C: Abandono de tierras cultivadas |
| 5D: Emisiones y absorciones en el suelo |
| 5E: Otros (Gases diferentes al CO2) |

| | |
|---|---|
| | No se incluye en el cálculo por falta de data |
| | se incluye en el cálculo |

Asimismo, los gases de efecto invernadero distintos al $CO_2$, específicamente el metano ($CH_4$) y el óxido nitroso ($N_2O$), fueron estimados en todas las categorías y sub-categorías.

El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

La metodología básica de la OBP, **el *Método de Pérdidas y Ganancias*,** es igual a la presentada en las GL1996, y puede aplicarse a todos los depósitos de carbono en todas las categorías de uso de la tierra. En la mayoría de aproximaciones de primer orden, los *datos de actividad* están dados por superficies (de uso o de cambio de uso), que son multiplicadas por un coeficiente de reservas de carbono o *factor de emisión*, para obtener así las estimaciones de la fuente/sumidero. Este procedimiento se refleja en la siguiente ecuación:

**Ecuación 3.1.1**

$$\Delta C = \Sigma_{ijk} [S_{ijk} * (C_G - C_P)_{ijk}]$$

Dónde:

ΔC = variación de las reservas de carbono en el depósito, en toneladas de C año$^{-1}$

S = superficie de tierra, en ha

*ijk* = corresponde al tipo de clima *i*, al tipo de bosque *j*, a la práctica de gestión *k*, etc.
CG = tasa de ganancia de carbono, en toneladas de C ha-1 año$^{-1}$
CP = tasa de pérdida de carbono, en toneladas de C ha-1 año$^{-1}$

### 4.5.1. Tierras Forestales

En esta categoría se mide la variación de las reservas de carbono de los cinco depósitos mencionados anteriormente, y de las emisiones de gases distintos al $CO_2$ procedentes de los depósitos.

Las estimaciones deben hacerse sobre **Bosques Gestionados**, definidos como **bosques sujetos a intervenciones humanas** periódicas o continuas, y a todo tipo de prácticas de gestión (desde producción comercial de madera hasta protección). Los bosques naturales o inalterados no deberían considerarse fuentes ni sumideros antropogénicos. Esta diferenciación es de suma importancia, dado que la definición que se adopte en el país debe aplicarse de manera coherente a lo largo del tiempo.

#### 4.5.1.1. Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (TFTF)

##### Elección del Nivel de Cálculo

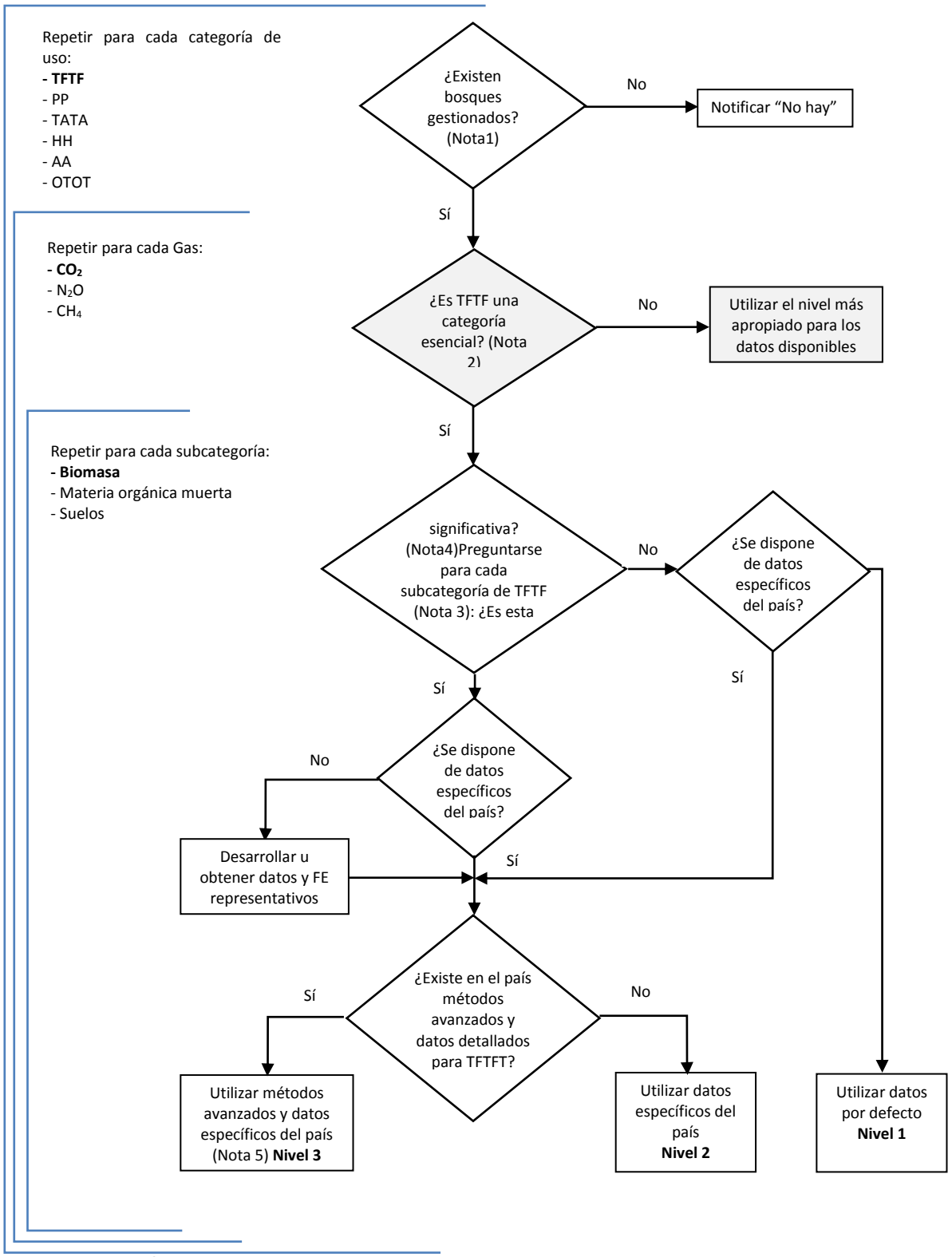
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 59: Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TFTF




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

En esta categoría se mide la variación de las reservas de carbono de los cinco depósitos mencionados anteriormente, y de las emisiones de gases distintos al $CO_2$ procedentes de los depósitos.

- ***Variación de las reservas en la Biomasa Viva***

Aquí se recoge los incrementos en biomasa, por crecimiento de la vegetación, y las pérdidas, que incluyen la biomasa removida por tala, por leña y por otras pérdidas.

**Ecuación 3.2.2 (Método 1)**

$$\Delta C_{TFTF_{BV}} = (\Delta C_{TFTF_C} - \Delta C_{TFTF_P})$$

Donde:

$\Delta C_{TFTFBV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TFTFC}$ = aumento anual de las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TFTFP}$ = disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa, en toneladas de C año-1

Las pérdidas están dadas por la recolección de biomasa para su uso como madera o leña, y por las perturbaciones (antrópicas y naturales) como incendios, plagas y vendavales (los 2 últimos no considerados por falta de información). Las ecuaciones usadas para estimar las pérdidas de biomasa viva son:

**Aumento anual de las reservas de carbono debido al incremento de la biomasa**

Los cálculos inician con la estimación de los incrementos de la biomasa viva de los bosques. No obstante, se ha mantenido el supuesto usado desde el INGEI 2000 realizado el 2005, que no hay crecimiento de la vegetación de bosque primario y se encuentra en equilibrio.

**Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa**

La ecuación general de pérdidas es:

**Ecuación 3.2.6**

$$\Delta C_{TFTF\,p} = P_{Talas} + P_{Leña} + P_{Otras\ pérdidas}$$

Donde:

$\Delta C_{TFTFP}$ = disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año-1

$P_{talas}$ = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año-1 (véase la Ecuación 3.2.7)

$P_{leña}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año-1 (véase la Ecuación 3.2.8)

Potras pérdidas = otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año-1 (véase Ecuación 3.2.9)

**a) La pérdida por tala es:**

**Ecuación 3.2.7**

$$P_{Talas} = R * D * FEB_2 * (1 - f_{BD}) * FC$$

Donde:

$P_{talas}$ = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año-1

R = volumen extraído anualmente, rollizos, en m3 año-1

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m-3

$FEB_2$ = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones

$f_{BD}$ = fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)-1

Para esta ecuación, existen 2 posibilidades: 1) por defecto, se asume que la biomasa total asociada al volumen de madera extraída es emitida inmediatamente ($f_{BD}$=0), y 2) una parte de la biomasa es transferida a las reservas de madera muerta ($f_{BD}$ por dictamen de expertos).

**b) La pérdida por recolección de leña es:**

**Ecuación 3.2.8**

$$P_{Leña} = LR * D * FEB_2 * FC$$

Donde:

$P_{leña}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año-1

LR = volumen anual de leña recogida, m3 año-1

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m-3

$FEB_2$ = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa aérea total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)-1

La extracción de leña puede darse de diversas maneras, por tanto, habrá diversos modos y fuentes para estimar LR. Los árboles talados para leña se consideran en las pérdidas por talas; y a diferencia de estas, la ecuación de leña no contempla una “fracción abandonada que se descompone” dado que se supone que la mayor parte del árbol será removido del bosque. Tampoco se expande, al representar una reducción de las reservas de la madera muerta.

**c) Otras pérdidas de carbono:**

Las otras pérdidas en tierras forestales gestionadas son causadas por perturbaciones como vendavales, plagas o incendios. Se debería reportar las áreas afectadas por perturbaciones en tierras

gestionadas, sean o no de origen antrópico. No se deben incluir las áreas perturbadas en tierras no gestionadas.

**Ecuación 3.2.9**

$$P_{Otras\ pérdidas} = S_{alteración} * B_W * (1 - f_{BD}) * FC$$

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| $P_{otras\ pérdidas}$ | = | otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año-1 |
| $S_{alteración}$ | = | superficies forestales afectadas por perturbaciones, en ha año-1 |
| $B_W$ | = | valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales en toneladas ms $ha^{-1}$ |
| $f_{BD}$ | = | fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta) |
| FC | = | fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)-1 |

- ***Biomasa Muerta***

En el Nivel 1 de la metodología, se considera por defecto que la variación de las reservas de carbono en estos depósitos (madera muerta y detritus) no es significativa, por tanto, las emisiones netas son iguales a cero.

- ***Variación de las reservas de carbono Orgánico del suelo***

En el Nivel 1 de la metodología, se considera por defecto que las reservas de carbono en suelos forestales minerales permanecen constantes, por tanto, las emisiones netas son iguales a cero. Por otro lado, se asumió que no ocurrió drenaje de suelos orgánicos en bosque que sigue siendo bosque, con lo cual las emisiones por esta actividad son iguales a cero.

- ***Emisiones de gases diferentes del $CO_2$***

Corresponden a las emisiones de gases diferentes al $CO_2$ por la quema de biomasa de las mismas áreas reportadas en *Otras Pérdidas* (incendios forestales). La ecuación usada fue:

**Ecuación 3.2.20**

$$L_{incendio} = S * B * C * D * 10^{-6}$$

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| $L_{incendio}$ | = | cantidad de GEI liberados por causa de incendios, en toneladas de GEI |
| S | = | superficie quemada, en ha |
| B | = | masa de combustible "disponible", en kg m.s. ha-1 |
| C | = | eficiencia de combustión (o fracción de biomasa quemada), sin dimensiones |
| D | = | factor de emisión, en g (kg m.s.)-1 |

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En primer lugar, las siguientes tablas muestran un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

En el siguiente cuadro se puede ver el resumen de los datos de actividad recopilados, y su fuente, que son los mismos utilizados en cada año INGEI. La diferencia entre años consiste en los valores de cada dato de actividad (p. ej. Volumen de madera aprovechada, superficie quemada, etc.).

Tabla 140: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TFTF

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie de Bosque Primario Amazónico | Límite de Amazonía determinado en el Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (MINAM, 2012) | Ha | Mapeo de pérdida de cobertura de bosques húmedos amazónicos del Perú entre los años 2000-2011 (MINAM, 2014) | Absorciones por incremento de la biomasa viva – No estimado |
| Producción de madera rolliza por especie | Información recopilada de los GORES y ATFFS | $m^3$ | Perú Forestal en Números año 2000, 2005, 2010 y 2012 (DGFFS) | Emisiones por pérdida de biomasa viva |
| Volumen estimado del consumo de leña | Consumo per cápita de leña por departamento | $m^3$/per | Perú Forestal en Números año 2010 (DGFFS, 2011) | Emisiones por pérdida de biomasa viva |
| | Proporción de población que consume leña por departamento | % | INEI | |
| | Población Censada por departamento | N° per | Censo de Población y Vivienda 1993 y 2007 (INEI) | |
| | Ecuación de Tasa de Crecimiento Poblacional | - | SEDAPAL | |
| Áreas quemadas | Datos de incendios forestales reportados como emergencia nacional | ha | INDECI (entregado por DGFFS) | Emisiones de otros GEI |

Fuente: Elaboración Propia

a) Madera Rolliza Aprovechada

Tabla 141: Madera Rolliza Aprovechada 2005

| Nombre Vulgar | Nombre Científico[1] | Vol ($m^3r$) |
|---|---|---|
| Aceite caspi | *Caraipa sp* | 576.11 |
| Aceite maria | | 327.39 |
| Achihua | *Huberodentron swietenoides* | 3,089.49 |
| Achotillo | *Bixa sp* | 456.34 |
| Aguanillo | *Otoba parviflora* | 763.90 |
| Aguano masha/cumala | *Paramacherum ormosoide* | 11,717.80 |
| Ajo ajo | | 157.47 |
| Albizia | *Albissia sp* | 213.89 |
| Alcanfor | *Ocotea costulata/Cinnamomun camphora* | 2,289.35 |
| Aletón | | 1,422.05 |
| Algarrobo | *Prosopis pallida* | 159.72 |
| Alkocaspi | *Vochisia sp* | 298.10 |
| Almendro | *Caryocar microcarpon* | 1,173.23 |
| Amarillo | *Centrolobium ochoroxylum* | 251.31 |
| Ana caspi | *Apuleia sp* | 1,451.37 |
| Andiroba | *Carapa guianensis aublet* | 378.32 |
| Árboles frutales | | 5,698.29 |
| Aserrín | | 293.56 |
| Azúcar huayo | *Hymenaea oblongifolia* | 6,627.38 |
| Azufre | *Symphonia globulifera* | 1,562.29 |
| Bolaina | *Guazuma crinita* | 18,561.53 |

| Nombre Vulgar | Nombre Científico[1] | Vol ($m^3r$) |
|---|---|---|
| Cachimbo | *Cariniana domesticata* | 18,825.46 |
| Caimito | *Pouteria neglecta* | 645.46 |
| Canela moena | Ocotea acyphylla | 209.02 |
| Caoba | *Swietenia macrophylla* | 44,246.05 |
| Capinuri | *Clarisia biflora* | 6,515.58 |
| Capirona | *Calycophyllum spruceanum* | 87,520.89 |
| Caraña | *Protium carana, Trattinickia peruviana* | 444.64 |
| Casuarina | *Casuarina sp* | 224 |
| Catahua | *Hura crepitans* | 35,343.79 |
| Cedrillo | *Vochysia vismiifolia spruce ex warming* | 1,083.41 |
| Cedro | *Cedrela odorata* | 102,359.95 |
| Cedro de bajeal | *Cedrela fissilis* | 6,577.03 |
| Cedro huasca | *Cedrela sp* | 32.63 |
| Cedro masha | | 426.85 |
| Cetico | *Cecropia ficifolia* | 132.24 |
| Charapilla | *Dipteryx odorata* | 1,024.70 |
| Chichero | | 261.36 |
| Chisca brava | | 175.12 |
| Chontaquiro | *Diplotropis sp* | 700.54 |
| Cima | | 349.55 |
| Ciruelo | | 219.35 |
| Congona | | 306.69 |
| Copaiba | *Copaifera reticulata* | 30,546.70 |
| Copal, Incienzo | *Protium sp* | 2,875.28 |
| Cumala | *Virola sp,Iryanthera sp* | 181,848.57 |
| Cumalillo | *Iryanthera tessmanni* | 721.91 |
| Diablo fuerte | *Podocarpus glomeratus* | 449.68 |
| Espino | | 436.46 |
| Espintana | *Guatteria sp* | 112.69 |
| Estoraque | *Myroxylon balsamun* | 34,386.50 |
| Eucalipto | *Eucalyptus sp* | 188,574.33 |
| Faique | *Acacia machracantah.b.l.* | 234.7 |
| Favorito | *Osteophloum plathysprmum* | 104.94 |
| Goma | *Castilla ulei* | 1,248.17 |
| Guayacán | | 127.58 |
| Higuerilla | *Cunuria spruceana* | 2,725.52 |
| Higuerón | *Ficus casipiensis* | 1,641.08 |
| Hoja fina | | 203.81 |
| Huamanchilca | *Brosimum sp* | 1,831.39 |
| Huangana caso | *Sloanea sp* | 3,637.46 |
| Huarango | *Acacia machracantah.b.l.* | 223.36 |
| Huayruro | *Ormosia sunkei* | 8,680.80 |
| Huimba | *Ceiba pentandra* | 15,107.02 |
| Hullca | | 130.8 |
| Inca pacae | *Vismia sp* | 1,049.76 |
| Ishpingo | *Amburana cearensis* | 9,742.72 |
| Ishpinguillo | *Ocotea jelskii* | 279.23 |
| Itahuba | *Mezilaurus itauba* | 1,465.51 |
| Lagarto | | 934.6 |
| Lagarto Caspi | *Calophyllum brasiliense* | 7,331.29 |
| Laurel | *Nectandra rediculata* | 371.14 |
| Leche caspi | *Lucuma sp* | 3,557.91 |
| Loro micuna | *Macoubea guianensis* | 108.72 |
| Lucuma | | 143.54 |
| Lupuna | *Chorisia integrifolia* | 138,941.85 |
| Manchinga | *Brosimum alicastrum* | 22,900.87 |
| Manzano | *Couma sp, Miconia sp* | 2,403.71 |
| Marañon del monte | *Unonopsis matewsii* | 884.73 |
| Marga | | 139.63 |
| Marupa | *Simarouba amara* | 8,631.72 |
| Mashonaste | *Clarisia racemosa* | 4,701.79 |
| Matapalo | *Ficus killipii* | 4,810.58 |

| Nombre Vulgar | Nombre Científico[1] | Vol ($m^3r$) |
|---|---|---|
| Missa | *Couratari guianensis* | 8,653.23 |
| Moena/amarilla/blanca/negra/rosada | *Aniba spp* | 44,333.00 |
| Mullaco | | 126.41 |
| Nieves | *Cordia rotundifolia* | 626.63 |
| Nogal | *Junglans neotropica* | 7,942.70 |
| Ojé | *Ficus antithelmintica* | 2,266.55 |
| Oje renaco | *Ficus schultesii (dugand)* | 849.97 |
| Palisangre | *Brosimun rubenscens* | 1,220.05 |
| Palo blanco | *Celtis triflora* | 675.18 |
| Palo perejil | *Wenmannia sp* | 132.96 |
| Palo santo | *Bursera graveolens* | 306.31 |
| Paltilla | *Persea sp* | 452.74 |
| Palto moena | *Lureceae sp, Mezilaurus sp* | 745.88 |
| Pangasino | | 110.81 |
| Panguana | *Brosimum utile* | 1,391.41 |
| Papelillo | | 233.38 |
| Papelillo caspi | *Cariniana decandra* | 6,069.50 |
| Pashaco | *Schizolobuim amazonicum* | 19,340.79 |
| Pino | *Pinus radiata* | 6,137.53 |
| Pino chuncho | *Schizolobium amazonicum* | 936.86 |
| Pisonay | *Eritrina edulis* | 217.34 |
| Pumaquiro | *Aspidosperma cylindrocarpon* | 14,214.00 |
| Quillobordón | *Aspidosperma subincanum* | 1,108.86 |
| Quina quina | *Pouteria torta* | 4,586.10 |
| Quinacho | | 177.76 |
| Quinilla | *Manilkara bidentata* | 31,135.82 |
| Quitacedro | | 399.96 |
| Renaco | *Ficus sp* | 174.81 |
| Requia | *Guarea kunthiana* | 6,001.22 |
| Riñon de huangana | *Lucuma sp* | 181.22 |
| Roble | | 9,129.52 |
| Romerillo | *Podocarpus rospigliosi* | 2,268.22 |
| Saccsa | | 764.61 |
| Sachahuasca | *Trema spp* | 353.07 |
| Sachapalta, Junjuli | *Persea coerulea* | 2,512.90 |
| Sapote | *Matisia spp* | 6,301.87 |
| Sauce | *Salix sp* | 110.38 |
| Saucesillo | | 675.56 |
| Sempo | | 1,786.22 |
| Shihuahuaco | *Coumarouna odorata* | 65,182.08 |
| Shimbillo | *Inga sp* | 769.22 |
| Shiringa jebe | *Hevea brasiliensis* | 163.72 |
| Sin lin | | 315.4 |
| Sisapancho | | 499.39 |
| Tacho | | 306.24 |
| Tahuarí | *Tabebuia sp* | 8,097.23 |
| Topa | *Ochroma pyramidale* | 2,557.89 |
| Tornillo | *Cedrelinga catenaeformis* | 139,699.26 |
| Ubos | *Spondias mombin* | 327.29 |
| Ulcumano | | 231.38 |
| Utucuro | *Septotheca tessmannii* | 8,108.97 |
| Uvilla | *Pourouma cecropiaefolia* | 206.54 |
| Varias | | 11,899.66 |
| Vilco | *Piptademia sp* | 106.5 |
| Violeta | *Peltogyne altisima* | 104.64 |
| Yacushapana | *Terminalia oblonga* | 5,136.77 |
| Yanchama | *Poulsenia armata (miq) standl.* | 3,973.69 |
| Yutubanco | *Hymenaea oblongifolia huber* | 1,290.39 |
| Total | | 1,482,968.84 |

Fuente: Perú Forestal en Números 2005 (DGFFS, 2006)

b) Consumo de Leña

Tabla 142: Estimación de Consumo de Leña 2005

| Departamento | Población 1993 | Población 2007 | Tasa de Crecimiento | Población Total | % Consumo de leña 2005 | Consumo de leña per cápita (m3/per cápita) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AMAZONAS | 336,665.0 | 375,993.0 | 0.8 | 370,105.2 | 72.8 | 1.30 |
| ANCASH | 955,023.0 | 1,063,459.0 | 0.8 | 1,047,245.1 | 33.6 | 1.10 |
| APURIMAC | 381,997.0 | 404,190.0 | 0.4 | 400,942.3 | 72.3 | 1.10 |
| AREQUIPA | 916,806.0 | 1,152,303.0 | 1.6 | 1,115,276.4 | 8.9 | 1.10 |
| AYACUCHO | 492,507.0 | 612,489.0 | 1.6 | 593,706.4 | 79.2 | 1.10 |
| CAJAMARCA | 1,259,808.0 | 1,387,809.0 | 0.7 | 1,368,756.1 | 31.0 | 1.10 |
| PROV. CONST. DEL CALLAO | 639,729.0 | 876,877.0 | 2.3 | 838,253.6 | | |
| CUZCO | 1,028,763.0 | 1,171,403.0 | 0.9 | 1,149,874.6 | 34.6 | 1.10 |
| HUANCAVELICA | 385,162.0 | 454,797.0 | 1.2 | 444,126.8 | 46.3 | 1.10 |
| HUANUCO** | 654,489.0 | 762,223.0 | 1.1 | 745,809.3 | 6.0 | 1.20 |
| ICA | 565,686.0 | 711,932.0 | 1.7 | 688,925.7 | 11.3 | 0.50 |
| JUNIN** | 1,035,841.0 | 1,225,474.0 | 1.2 | 1,196,393.3 | 44.7 | 1.20 |
| LA LIBERTAD** | 1,270,261.0 | 1,617,050.0 | 1.7 | 1,562,239.7 | 14.8 | 0.96 |
| LAMBAYEQUE | 920,795.0 | 1,112,868.0 | 1.4 | 1,083,151.7 | 30.1 | 0.50 |
| LIMA | 6,386,308.0 | 8,445,211.0 | 2.0 | 8,114,715.0 | | 0.50 |
| LORETO | 687,282.0 | 891,732.0 | 1.9 | 859,166.4 | 75.3 | 1.30 |
| MADRE DE DIOS | 67,008.0 | 109,555.0 | 3.6 | 102,124.8 | 49.4 | 1.30 |
| MOQUEGUA | 128,747.0 | 161,533.0 | 1.6 | 156,381.9 | 29.3 | 0.50 |
| PASCO** | 226,295.0 | 280,449.0 | 1.5 | 271,983.5 | 42.7 | 1.20 |
| PIURA** | 1,388,264.0 | 1,676,315.0 | 1.4 | 1,631,766.4 | 32.2 | 0.80 |
| PUNO | 1,079,849.0 | 1,268,441.0 | 1.2 | 1,239,605.6 | 1.7 | 1.10 |
| SAN MARTIN | 552,387.0 | 728,808.0 | 2.0 | 700,515.0 | 64.0 | 1.30 |
| TACNA | 218,353.0 | 288,781.0 | 2.0 | 277,475.4 | 10.9 | 0.50 |
| TUMBES | 155,521.0 | 200,306.0 | 1.8 | 193,193.8 | 11.9 | 0.50 |
| UCAYALI | 314,810.0 | 432,159.0 | 2.3 | 413,035.3 | 45.7 | 1.30 |
| LIMA y CALLAO* | - | - | - | 8,952,968.6 | 3.4 | - |
| **TOTAL** | **22,048,356.0** | **27,412,157.0** | **1.6** | **26,564,769.3** | | |

* Se han sumado ambas regiones porque el INEI provee una estimación de consumo de leña integrado para ambos, entre los años 2004 y 2006

Fuente: Elaboración propia, con base en Censo poblacional, 2007

c) Superficie Reforestada por Departamento

Tabla 143: Superficie Reforestada por Departamento 2005

| Departamento | Superficie Reforestada (ha) | | |
|---|---|---|---|
| | Acumulado al 2004 | Instalado en 2005 | Acumulado al 2011 |
| Amazonas | 8976.3 | 430.0 | 18073.65 |

| Departamento | Superficie Reforestada (ha) | | |
|---|---|---|---|
| | Acumulado al 2004 | Instalado en 2005 | Acumulado al 2011 |
| Ancash | 65503.6 | 2793.0 | 90487.0 |
| Apurimac | 60020.6 | 2577.0 | 81175.3 |
| Arequipa | 7488.5 | 142.0 | 10866.2 |
| Ayacucho | 53535.2 | 1982.0 | 70982.4 |
| Cajamarca | 82474.4 | 2428.0 | 116552.7 |
| Cusco | 103542.7 | 2509.0 | 127818.9 |
| Huancavelica | 34064.2 | 1949.0 | 52648.0 |
| Huanuco | 34831.1 | 1182.0 | 46313.6 |
| Ica | 2749.0 | | 2749.0 |
| Junin | 61712.7 | 781.0 | 72128.2 |
| La Libertad | 35910.9 | 1306.0 | 66713.2 |
| Lambayeque | 18259.8 | 283.0 | 22311.8 |
| Lima | 12392.4 | 244.0 | 18703.7 |
| Loreto | 23479.9 | | 23479.9 |
| Madre De Dios | 8467.0 | | 8467.0 |
| Moquegua | 2831.9 | 50.0 | 4037.1 |
| Pasco | 14554.2 | 446.0 | 20955.9 |
| Piura | 37770.4 | 1264.0 | 47465.7 |
| Puno | 32287.7 | 691.0 | 45658.2 |
| San Martin | 18177.7 | | 18177.7 |
| Tacna | 4932.6 | 12.0 | 5845.6 |
| Tumbes | 3979.5 | | 4979.5 |
| Ucayali | 31890.0 | | 31890.0 |
| **TOTAL** | **759,832.3** | **21,069.0** | **1,008,480.1** |

d) Superficie Final de Plantaciones

Tabla 144. Superficie Final de Plantaciones a usar en cálculos

| Categoría | Superficie (ha) |
|---|---|
| Superficie instalada en 2005 | 21,069.0 |
| Superficie Acumulada al 2004 | 759,832.3 |
| Superficie Real al 2011* | 77,459.0 |
| Superficie Acumulada al 2011 | 1,008,480.13 |
| Porcentaje de Plantaciones que permanecen en campo luego de la instalación** | 0.077 |
| **Total Sup. De Plantación** | **79,429.9** |

Fuente: Elaboración propia

'* Área total con plantaciones forestales al año 2011, a nivel nacional, que no incluyen áreas de agroforestería ni cultivos perennes, de acuerdo a interpretación de imágenes satelitales de alta resolución RapidEye, como parte del trabajo de actualización del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú 2011, que está siendo elaborado por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural y la Dirección de Ordenamiento Territorial del MINAM. Data preliminar compartida por el Ing. Huber Portuguez y el Ing. Jorge Cobián.

'** Se ha establecido una relación entre las áreas reportadas en la estadística oficial y las áreas "reales", para obtener un factor de corrección a usarse en todos los años.

e) Incendios Forestales

Tabla 145: Incendios Forestales Reportados por INDECI 2005

| Fecha | Departamento | Provincia | Distrito | Emergencia | Área Afectada (ha) | Área perdida (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jul-05 | Amazonas | Chachapoyas | Chachapoyas | Incendio forestal | - | 70.0 |
| Sep-05 | Amazonas | Chachapoyas | Cheto | Incendio forestal | 250.0 | - |
| Jun-05 | Ancash | Recuay | Recuay | Incendio forestal | 25.0 | - |
| Jun-05 | Ancash | Recuay | Catac | Incendio forestal | - | 30.0 |
| Ago-05 | Ancash | Yungay | Yanama | Incendio forestal | - | 820.0 |
| Jul-05 | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Incendio forestal | - | 453.0 |
| Sep-05 | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Incendio forestal | - | 17.0 |
| Jul-05 | Apurimac | Andahuaylas | Kishuara | Incendio forestal | - | 15.0 |
| Nov-05 | Apurimac | Andahuaylas | San Jeronimo | Incendio forestal | - | 20.0 |
| Jul-05 | Apurimac | Andahuaylas | S. Maria De Chicmo | Incendio forestal | 600.0 | - |
| Jul-05 | Apurimac | Chincheros | Ranracancha | Incendio forestal | 600.0 | - |
| Nov-05 | Cajamarca | Jaen | Chontali | Incendio forestal | 10,000.0 | - |
| Jun-05 | Cusco | Cusco | Saylla | Incendio forestal | - | 5.0 |
| Sep-05 | Cusco | Calca | Calca | Incendio forestal | - | 10.0 |
| Ago-05 | Cusco | Calca | Pisac | Incendio forestal | - | 10.0 |
| Jul-05 | Cusco | Calca | San Salvador | Incendio forestal | 50.0 | - |
| Ago-05 | Cusco | Calca | Yanatile | Incendio forestal | 200.0 | - |
| Ago-05 | Cusco | Canchis | Sicuani | Incendio forestal | 1,320.0 | - |
| Jul-05 | Cusco | Canchis | Checacupe | Incendio forestal | 40.0 | - |
| Nov-05 | Cusco | Canchis | Combapata | Incendio forestal | - | 400.0 |
| Ago-05 | Cusco | La Convencion | Quellouno | Incendio forestal | - | 3.0 |
| Ago-05 | Cusco | Paruro | Yaurisque | Incendio forestal | - | 20.0 |
| Ago-05 | Cusco | Urubamba | Urubamba | Incendio forestal | 20.0 | - |
| Jul-05 | Cusco | Urubamba | Machupicchu | Incendio forestal | - | 20.0 |
| Jul-05 | Cusco | Urubamba | Machupicchu | Incendio forestal | - | 170.0 |
| Ago-05 | Cusco | Urubamba | Machupicchu | Incendio forestal | - | 170.0 |
| Sep-05 | Cusco | Urubamba | Machupicchu | Incendio forestal | - | 200.0 |
| Jul-05 | Junin | Satipo | Mazamari | Incendio forestal | - | 3,700.0 |
| Ago-05 | Junin | Satipo | Pangoa | Incendio forestal | - | 19,470.0 |
| Ago-05 | Junin | Satipo | Rio Negro | Incendio forestal | - | 1,887.1 |
| Jul-05 | Junin | Satipo | Rio Tambo | Incendio forestal | - | 28,715.1 |
| Sep-05 | Madre De Dios | Tambopata | Tambopata | Incendio forestal | - | 50.0 |
| Sep-05 | Madre De Dios | Tambopata | Las Piedras | Incendio forestal | 50.0 | - |
| Sep-05 | Piura | Ayabaca | Suyo | Incendio forestal | - | 30.0 |
| Oct-05 | Piura | Ayabaca | Suyo | Incendio forestal | 50.0 | - |
| Nov-05 | Piura | Morropon | Santo Domingo | Incendio forestal | 15.0 | - |
| Ago-05 | Puno | Puno | Puno | Incendio forestal | - | 60.0 |
| Ago-05 | Puno | Carabaya | Ollachea | Incendio forestal | 160.0 | 603.0 |
| Ago-05 | Puno | Sandia | Sandia | Incendio forestal | 10.0 | - |
| Ago-05 | Ucayali | Crnel Portillo | Masisea | Incendio forestal | - | 1,000.0 |
| Ago-05 | Ucayali | Crnel Portillo | Yarinacocha | Incendio forestal | - | 100.0 |
| **Total** | | | | | **71,438.2** | |

Fuente: INDECI

f) Clasificación de ocurrencia de Incendios Forestales INDECI por ECOZONAS

Tabla 146: Incendios Forestales vs Ecozonas

| FID | Departamento | Provincia | Distrito | Afectada | Perdida | TOTAL (ha) | ECOZONA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | AMAZONAS | CHACHAPOYAS | CHACHAPOYAS | - | 70 | 70 | Selva Alta Transita* |
| 2 | AMAZONAS | CHACHAPOYAS | CHETO | 250 | - | 250 | Selva Alta Transita* |
| 3 | ANCASH | RECUAY | RECUAY | 25 | - | 25 | Sierra |
| 4 | ANCASH | RECUAY | CATAC | - | 30 | 30 | Sierra |
| 5 | ANCASH | YUNGAY | YANAMA | - | 820 | 820 | Sierra |
| 6 | APURIMAC | ANDAHUAYLAS | ANDAHUAYLAS | - | 453 | 453 | Sierra |
| 7 | APURIMAC | ANDAHUAYLAS | ANDAHUAYLAS | - | 17 | 17 | Sierra |
| 8 | APURIMAC | ANDAHUAYLAS | KISHUARA | - | 15 | 15 | Sierra |
| 9 | APURIMAC | ANDAHUAYLAS | SAN JERONIMO | - | 20 | 20 | Sierra |
| 10 | APURIMAC | ANDAHUAYLAS | S. MARIA DE CHICMO | 600 | - | 600 | Sierra |
| 11 | APURIMAC | CHINCHEROS | RANRACANCHA | 600 | - | 600 | Sierra |
| 12 | CAJAMARCA | JAEN | CHONTALI | 10,000 | - | 10,000 | Selva Alta Transita* |
| 13 | CUSCO | CUSCO | SAYLLA | - | 5 | 5 | Sierra |
| 14 | CUSCO | CALCA | CALCA | - | 10 | 10 | Sierra |
| 15 | CUSCO | CALCA | PISAC | - | 10 | 10 | Sierra |
| 16 | CUSCO | CALCA | SAN SALVADOR | 50 | - | 50 | Sierra |
| 17 | CUSCO | CALCA | YANATILE | 200 | - | 200 | Selva Alta Transita* |
| 18 | CUSCO | CANCHIS | SICUANI | 1,320 | - | 1,320 | Sierra |
| 19 | CUSCO | CANCHIS | CHECACUPE | 40 | - | 40 | Sierra |
| 20 | CUSCO | CANCHIS | COMBAPATA | - | 400 | 400 | Sierra |
| 21 | CUSCO | LA CONVENCION | QUELLOUNO | - | 3 | 3 | Selva Alta Transita* |
| 22 | CUSCO | PARURO | YAURISQUE | - | 20 | 20 | Sierra |
| 23 | CUSCO | URUBAMBA | URUBAMBA | 20 | - | 20 | Sierra |
| 24 | CUSCO | URUBAMBA | MACHUPICCHU | - | 20 | 20 | Sierra |
| 25 | CUSCO | URUBAMBA | MACHUPICCHU | - | 170 | 170 | Sierra |
| 26 | CUSCO | URUBAMBA | MACHUPICCHU | - | 170 | 170 | Sierra |
| 27 | CUSCO | URUBAMBA | MACHUPICCHU | - | 200 | 200 | Sierra |
| 28 | JUNIN | SATIPO | MAZAMARI | - | 3,700 | 3,700 | Selva Alta Transita* |
| 29 | JUNIN | SATIPO | PANGOA | - | 19,470 | 19,470 | Selva Alta Transita* |
| 30 | JUNIN | SATIPO | RIO NEGRO | - | 1,887 | 1,887 | Selva Alta Transita* |
| 31 | JUNIN | SATIPO | RIO TAMBO | - | 28,715 | 28,715 | Selva Alta Difícil |
| 32 | MADRE DE DIOS | TAMBOPATA | TAMBOPATA | - | 50 | 50 | Selva Baja |
| 33 | MADRE DE DIOS | TAMBOPATA | LAS PIEDRAS | 50 | - | 50 | Selva Baja |
| 34 | PIURA | AYABACA | SUYO | - | 30 | 30 | Costa |
| 35 | PIURA | AYABACA | SUYO | 50 | - | 50 | Costa |

| FID | Departamento | Provincia | Distrito | Afectada | Perdida | TOTAL (ha) | ECOZONA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | PIURA | MORROPON | SANTO DOMINGO | 15 | - | 15 | Sierra |
| 37 | PUNO | PUNO | PUNO | - | 60 | 60 | Sierra |
| 38 | PUNO | CARABAYA | OLLACHEA | 160 | 603 | 763 | Sierra |
| 39 | PUNO | SANDIA | SANDIA | 10 | - | 10 | Selva Alta Transita* |
| 40 | UCAYALI | CRNEL PORTILLO | MASISEA | - | 1,000 | 1,000 | Selva Baja |
| 41 | UCAYALI | CRNEL PORTILLO | YARINACOCHA | - | 100 | 100 | Selva Baja |
| | | | **Total** | | | **71,438** | |

Fuente: Elaboración propia

*** Se ubicaron las ocurrencias de incendios a nivel de distrito, tal cual lo reporta INDECI. En el caso que un distrito estuviera sobre más de una ecozona, se eligió la ecozona de mayor proporción

**** No se tomaron en cuenta las ocurrencias que no tuvieron superficie reportada

### Variables y Constantes

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los factores necesarios para calcular únicamente emisiones de carbono por pérdidas de biomasa viva por extracción de madera, leña e incendios, y emisión de otros gases de efecto invernadero por quemas de biomasa.

Tabla 147: Factores de emisión usados en TFTF

| Factor | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Fracción de carbono de materia seca (FC) | 0.5 | t C/ t m.s. | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.25) |
| Densidad de madera básica (D) para leña | varios | t m.s./$m^3$ vol. Fresco | Promedio ponderado de especies aprovechadas en año 2010, fuentes varias |
| Factor de conversión y expansión de biomasa (BCEF) | 1.67 | Sin dimensión | Cuadro 4.5, IPCC 2006 (Pag. 4.61) |
| Fracción de biomasa dejada en el bosque para descomposición ($f_{BD}$) por recolección de madera | 0 | Sin dimensión | Valor por defecto para cálculos del Nivel 1, OBP 2003 (Pag. 3.27) |
| Fracción de biomasa dejada en el bosque para descomposición ($f_{BD}$) por incendios | 0 | Sin dimensión | Valor por defecto para cálculos del Nivel 1, OBP 2003 (Pag. 3.27) |
| Factor de conversión de volumen rollizo sin corteza a volumen rollizo con corteza | 0.15 | Sin dimensión | Valor por defecto para volúmenes sin corteza, OBP 2003 (Pag. 3.30) |
| Fracción de biomasa quemada (C) | 0.5 | Sin dimensión | Valor por defecto, OBP 2003 (Pag. 3.52 y 3.95) |
| Biomasa combustible disponible sobre el suelo en Sierra | 63.96 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Reserva promedio de biomasa (aérea y radicular) en Costa | 17.09 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Reserva promedio de biomasa (aérea y radicular) en Selva Alta de Difícil Acceso | 200.11 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Reserva promedio de biomasa (aérea y radicular) en Selva Alta Transitable | 172.53 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |

| Factor | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Reserva promedio de biomasa (aérea y radicular) en Selva Baja | 238.24 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Reserva promedio de biomasa (aérea y radicular) en Ucamará | 143.39 | t m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Relación Raíz/Vástago Bosque Primario | 0.24 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8, para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 (Pág. 3.179) |
| Factor de emisión de CO | 130.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $CH_4$ | 9.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $N_2O$ | 0.11 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $NO_x$ | 0.7 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |

Fuente: OBP 2003 – elaboración propia

#### 4.5.1.2. Tierras que se convierten en Tierras Forestales (TTF)

##### Elección del Nivel de Cálculo

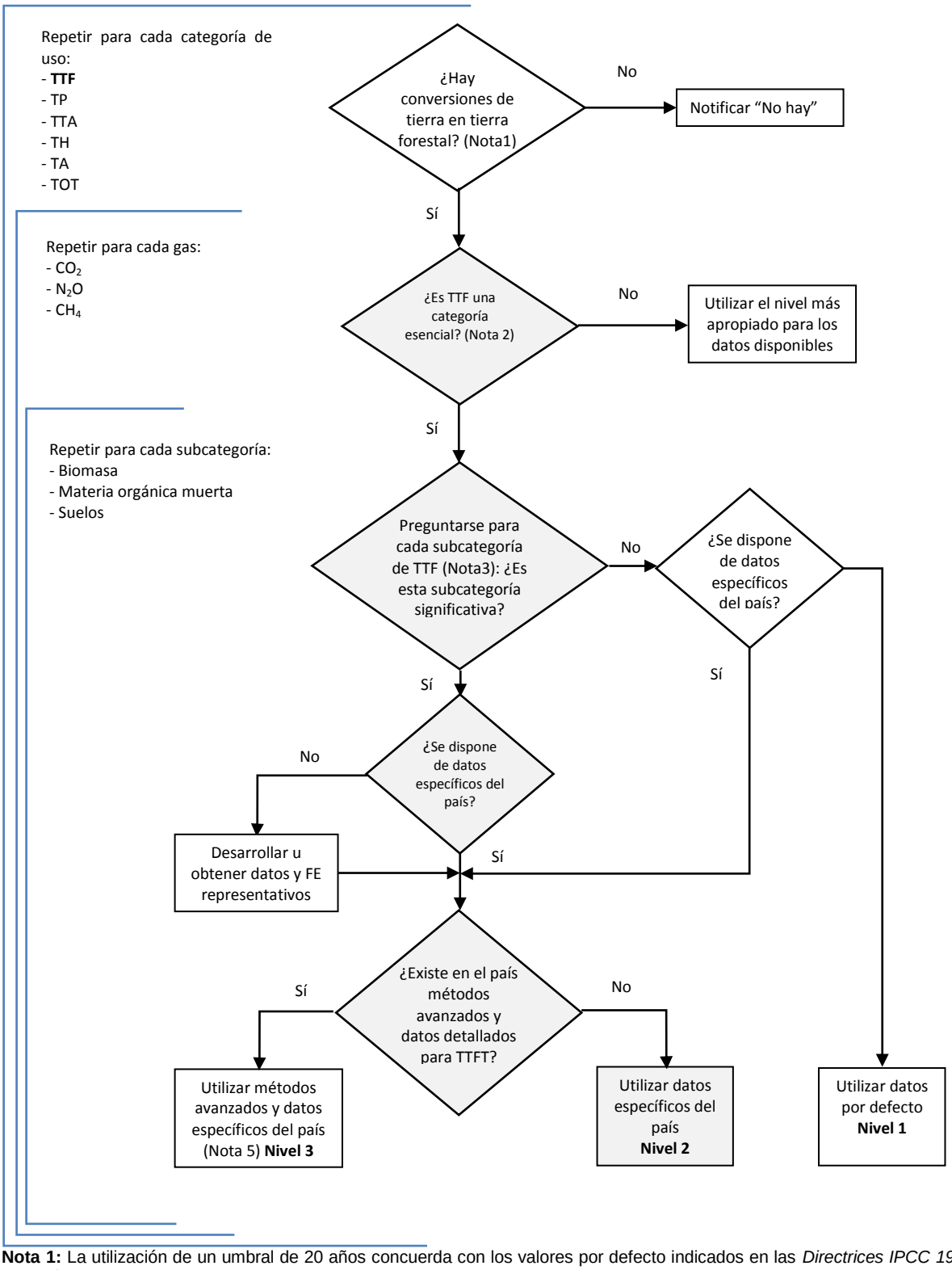
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 60: Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TTF




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

Esta categoría conlleva conversión de uso de la tierra en **Bosques Gestionados**, producto de forestación, reforestación y métodos de regeneración natural o artificial. Las áreas convertidas deben cumplir la definición de bosque adoptada por el país; y permanecen en esta categoría durante 20 años, luego pasan a TFTF.

La ecuación que engloba todas las variaciones es:

**Ecuación 3.2.21**

$$\Delta C_{TTF} = \Delta C_{TTF_{BV}} + \Delta C_{TTF_{MOM}} + \Delta C_{TTF_{Suelos}}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF}$ = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año$^{-1}$

$\Delta C_{TTFBV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año$^{-1}$

$\Delta C_{TTFMOM}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y detritus) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año$^{-1}$

$\Delta C_{TTFSuelos}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año$^{-1}$

- ***Variación de las reservas en la biomasa viva***

**Ecuación 3.2.22**

$$\Delta C_{TTF_{BV}} = \Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}} + \Delta C_{TTF_{PÉRDIDA}}$$

Donde:

$\Delta CTTF_{BV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año$^{-1}$

$\Delta CTTF_{CRECIMIENTO}$ = aumento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del cr cimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año$^{-1}$

$\Delta CTTF_{PÉRDIDA}$ = disminución anual de las reservas de carbono en biomasa viva por efecto de las pérdidas derivadas de la recolección, de la recogida de leña y de las perturbaciones, en tierras convertidas en bosques, en toneladas de C año$^{-1}$

**Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva**

**Ecuación 3.2.23**

$$\Delta C_{TTF_{CRECIMIENTO}} = [\Sigma_K S_{GEST_INT_K} \times C_{Total\ GEST_INT_K} + \Sigma_m S_{GEST_EXT_m} \times C_{Total\ GEST_EXT_m}] \times FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTFCRECIMIENTO}$ = incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año-1

$S_{GEST_INTk}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados intensivamente en el estado *k* (incluidas las plantaciones), en ha

$C_{Total\ GEST_INTk}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados intensivamente en el estado k (incluidas las plantaciones), en toneladas m.s. ha-1 año-1

$S_{GEST_EXTm}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados extensivamente en el estado *m*, en ha

$C_{Total\ GEST_EXTm}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados extensivamente en el estado *m*, en toneladas m.s. ha-1 año-1 (incluye la regeneración natural)

*k*, *m* = representan las diferentes condiciones en que se desarrollan los bosques gestionados intensiva y extensivamente

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)-1

- ***Biomasa Muerta***

Para el Nivel 1 metodológicos, no se presuponen variaciones de la madera muerta ni del detritus, por tanto las emisiones netas en los cuatro INGEI son iguales a cero.

- ***Carbono Orgánico del Suelo***

El cálculo se hace de manera separada para suelos minerales y suelos orgánicos. La variación total de las reservas de carbono es igual a la suma de lo estimado en ambos tipos de suelo.

Se presenta la ecuación simplificada del Nivel 1 para suelos minerales, con la cual sólo se puede estimar las emisiones por conversión de tierras agrícolas o praderas en bosques. Esta ecuación no hace distinción entre una gestión intensiva y una extensiva de los nuevos bosques.

**Ecuación 3.2.32**

$$\Delta C_{TTF_{Minerales}} = [(COS_{ref} * COS_{Tierra\ no\ forestal}) * S_{For}]/T_{For}$$

Donde:

- $\Delta C_{TTF_{Minerales}}$ es la variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en el año de inventario, en t C año$^{-1}$
- $COS_{ref}$ es el valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados para un suelo dado, en t C ha$^{-1}$
- $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ es el carbono orgánico en suelos estables durante el uso anterior de la tierra, tanto agrícola como pradera, en t C ha$^{-1}$
- $S_{For}$ es la tierra forestada total obtenida de tierras agrícolas o praderas, en ha

- $T_{For}$ es la duración de la transición de $COS_{Tierra\ no\ forestal}$ a $COS_{ref,}$ en años

La metodología dice que en el Nivel 1, lo cálculos son muy inciertos; los países en que la conversión de tierras en bosques es una categoría esencial, deberían notificarlo con arreglo al N2 o N3, lo cual aún no es factible de hacer con el tipo de datos que se tienen. Además, las variaciones de las reservas de carbono deberían notificarse anualmente durante el $T_{FOR}$ años (por defecto 20 años). Esto quiere decir que se debe notificar este cambio en el inventario durante 20 años después de la conversión.

Debido a que la superficie de Bosque Secundario se ha estimado a partir del muestreo del área total no bosque acumulada al año 2012, no se tienen superficies espacializadas, donde se pueda reconocer el tipo de suelo y la evolución del uso de la tierra. Lo mismo sucede con las áreas de Reforestación, tomadas de la estadística forestal nacional sin estar espacializadas. Esto no permite el cálculo de emisiones del suelo ni el seguimiento anual durante el periodo de 20 años, y por tanto no han sido considerados en los inventarios.

Con relación a Suelos Orgánicos, la metodología usa el supuesto que solo se generan emisiones cuando la conversión a bosques ocurre en suelos orgánicos drenados. En ese caso, se debe usar la ecuación siguiente:

**Ecuación 3.2.33**

$$\Delta C_{TTF_{Orgánicos}} = S_{Drenado\ for} * FE_{Drenaje}$$

Donde:

- $\Delta C_{TTF_{Orgánicos}}$ son las emisiones de $CO_2$ procedentes de suelos forestales orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en t C $año^{-1}$
- $S_{Drenado\ for}$ es la superficie de suelos orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en ha
- $FE_{Drenaje}$ es el factor de emisión de $CO_2$ en suelos forestales orgánicos drenados, en t C $ha^{-1}$ $año^{-1}$

Además de los datos de superficie de tierras drenadas convertidas en bosques, se necesita información sobre la amplitud y ubicación de las actividades de drenado. De no contar con ella, se podrá complementar con encuestas. Sin embargo, no se tiene ninguna información de suelos drenados en áreas de bosques secundarios ni plantaciones forestales. Por tanto, no se calcularon emisiones de suelos orgánicos y se asumieron igual a cero para cada año INGEI.

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

Cabe resaltar que las pérdidas de biomasa aérea han sido incluidas en su totalidad en la categoría TFTF (aprovechamiento y leña), por lo cual en TTF, solo se cuantificará los incrementos de la biomasa viva ocurridos por el crecimiento de los bosques secundarios y las plantaciones. Para ello se necesita los siguientes datos de actividad:

Tabla 148: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TTF

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Proporción de bosque secundario presente en el área de no bosque | Proporción por año, por Ecozona | % | Resultados del muestreo de 2240 puntos en el área de no bosque acumulada al 2012 Equipo USCUSS) | Estimación de área de B. Secundario para cálculo de Absorciones por incremento de la biomasa viva (de B. Secundario) |
| Superficie de no bosque de cada año INGEI | Área deforestada de cada año | Ha | Mapeo de pérdida de cobertura de bosques húmedos amazónicos del Perú entre los años 2000-2011 (MINAM, 2014) | |
| Superficie "real" reforestada al año 2004 | Área definida por análisis de imágenes satelitales de alta resolución | Ha | Mapa de Cobertura Vegetal del Perú al 2011 (MINAM, preliminar) | Estimación del área reforestada para cálculo de Absorciones por incremento de la biomasa viva (de Plantaciones) |
| Superficie reforestada acumulada al año 2004 | Estadística forestal | Ha | *Perú Forestal en Números* año 2011 (DGFFS, 2012) | |
| Superficie reforestada en el año 2004 | Estadística forestal | Ha | *Perú Forestal en Números* año 2010 (DGFFS, 2011) | |
| Superficie reforestada al año 2004 | Estadística forestal | Ha | *Perú Forestal en Números* año 2010 (DGFFS, 2011) | |

Fuente: Elaboración propia

### Variables y Constantes

La elección de factores de emisión para el cálculo de incremento de biomasa depende de las ecuaciones usadas, que a su vez dependen de la información disponible.

Para el cálculo de incrementos, se pueden usar los valores de *incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo* por defecto que la OBP 2003 presenta para cada tipo de bosque, cuando se trata de regeneración natural, y por especie, en el caso de las plantaciones. Como los bosques secundarios están clasificados por Ecozonas, se superpusieron los mapas de Bosques IPCC y de Ecozonas para encontrar equivalencias entre ambos, y así poder usar los valores por defecto. Los resultados del procedimiento mencionado pueden verse en el siguiente cuadro:

Tabla 149. Factores de Emisión para el cálculo de incremento de biomasa en TTF

| Factor | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Incremento anual de la biomasa aérea para **Bosque Húmedo de montaña** (<20 años) | 5.0 | t m.s. /ha/año | Cuadro 3A.1.5 para América, OBP 2003 |
| Incremento anual de la biomasa aérea para **Bosque muy Húmedo** (<20 años) | 10.0 | t m.s. /ha/año | Cuadro 3A.1.5 para América, OBP 2003 |
| Incremento anual de la biomasa aérea para **Plantaciones** | 13.0 | t m.s. /ha/año | Cuadro 3A.1.6, OBP 2003- Eucalipto |
| Relación raíz/vástago de **Bosque Secundario Tropical/ Subtropical** | 0.42 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8, OBP 2003 |

| Factor | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Relación raíz/vástago de **Bosque/ Plantaciones de Coníferas** | 0.32 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8, OBP 2003 |
| Fracción de carbono de materia seca | 0.5 | t C/ t m.s. | Valor por defecto, OBP 2003 |

Fuente: Elaboración propia

## 4.5.2. Tierras Agrícolas

### 4.5.2.1. Tierras Agrícolas que permanecen como Tierras Agrícolas (TATA)

#### Elección del Nivel de Cálculo

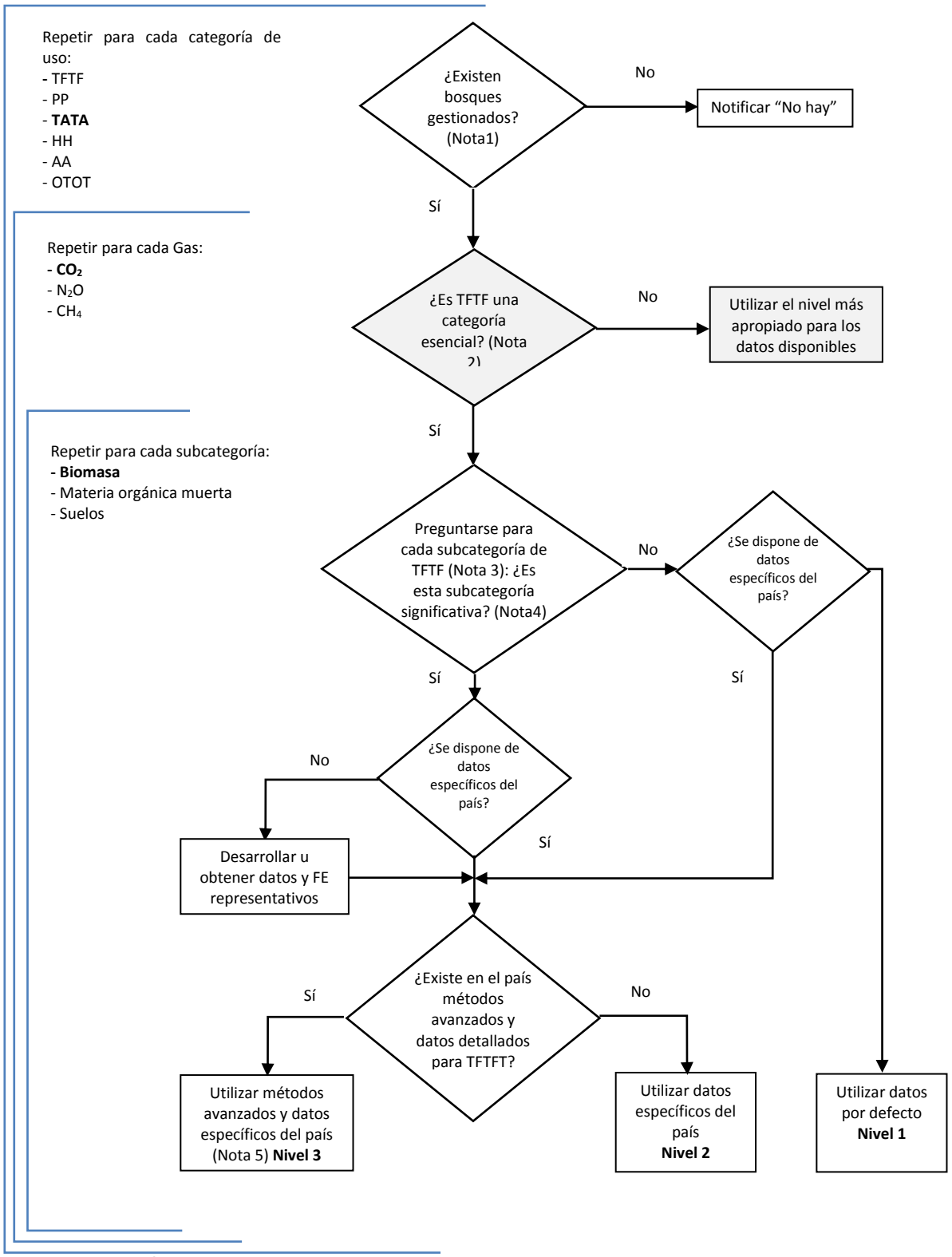
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 61: Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TATA




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

Esta categoría de la tierra Incluye todos los cultivos anuales y perennes, así como las tierras de barbecho (tierras dejadas a descanso por 1 o más años), a menos que ya hayan sido catalogadas como Tierras Forestales. Esta diferenciación tiene que ser hecha por cada país y debe ser mantenida a través de todos los inventarios.

Los cultivos anuales pueden consistir en cereales, semillas oleaginosas, legumbres, raíces o forrajes. Las tierras arables, habitualmente usadas para cultivos anuales pero que se utilizan temporalmente para forraje o pastoreo, en sistema de rotación anual cultivos-pasto, deben ser incluidas en la categoría de Tierras Agrícolas. Los cultivos perennes, a su vez, pueden consistir en árboles y matorrales combinados con cultivos herbáceos (agrosilvicultura), huertos, viñedos o plantaciones de cacao, café, té, palma leguminosa, coco, caucho, plátano, etc.

El carbono almacenado en la biomasa se debe contabilizar para los cultivos perennes, y dependerá de la especie, densidad, tasas de crecimiento y de las prácticas de recolección y poda. Dado que los cultivos anuales son cosechados permanentemente, no hay acumulación de carbono en la biomasa aérea a largo plazo.

La ecuación que engloba todas las variaciones de las reservas de carbono a ser medidas para esta categoría es:

**Ecuación 3.3.1**

$$\Delta C_{TATA} = \Delta C_{TATA\,BV} + \Delta C_{TATA\,Suelos}$$

Donde:

$\Delta C_{TATA}$ = variación anual de las reservas de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TATABV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TATASuelos}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año-1

Como ya se mencionó, sólo se estiman las variaciones de carbono de la biomasa viva y el suelo. Para convertir toneladas de C en Gg de CO2 se debe multiplicar el valor inicial por 44/12 y por $10^{-3}$.

- ***Variación de las reservas en la biomasa viva***

La variación de la biomasa se estima solamente para los cultivos leñosos perennes; para los cultivos anuales, se asume que en un solo año, las ganancias y las pérdidas son iguales.

La OBP 2003 no presenta una ecuación específica para este reservorio, sin embargo, se puede construir una en base al ejemplo de cálculo mostrado, la cual sería:

$$\Delta C_{TATA_{BV}} = S_{instalada} * TasaAcum_{BV} - S_{perdida} * C_{biomasa\ aérea}$$

Donde:

- $S_{instalada}$ es el área de cultivos perennes instalados en el año INGEI, en ha
- $S_{perdida}$ es el área de cultivos perennes eliminados en el año INGEI, en ha

- $TasaAcum_{BV}$ es la tasa de crecimiento anual de los cultivos perennes, en t C $ha^{-1}$ $año^{-1}$
- $C_{biomasa\ aérea}$ es el stock de carbono de los cultivos perennes en el año de eliminación, en t C $ha^{-1}$

De acuerdo a lo indicado en la OBP en el ítem 3.3.1.1.1., las estimaciones de la variación del carbono almacenado son aplicables solo a la biomasa sobre el suelo, dado que los datos disponibles sobre la biomasa bajo el suelo son limitados.

Vale recalcar que no se ha tomado en cuenta los cultivos anuales, porque al ser cosechados permanentemente, no hay acumulación de carbono en la biomasa aérea a largo plazo.

❖ ***Variación de las reservas de carbono orgánico del suelo***

Las reservas de carbono del suelo podrían ser significativas, y dependen de las variaciones en la mayoría de las prácticas de gestión, a tipos y rotación de cultivos, drenaje, labranza, gestión de residuos y correcciones orgánicas. A falta de información sobre estos parámetros, se asume que las prácticas agrícolas de los cultivos perennes no varían, por tanto el carbono orgánico del suelo se mantiene constante y las variaciones serían iguales a cero.

❖ ***Variación de emisiones de GEI diferentes al $CO_2$***

Las emisiones de óxido nitroso procedentes de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, de la quema de biomasa en y fuera del lugar, y del cultivo de suelos orgánicos; así como las emisiones de metano procedentes de arrozales, son abordadas en el Sector Agricultura, para el cual las Directrices IPCC 1996 y la OBP 2000 proveen metodologías de estimación. Así, no habría emisiones de otros GEI en esta subcategoría de la tierra, en el sector USCUSS.

Todo el detalle de los cálculos puede verse en las Hojas de Cálculo TA-1a del Libro de Trabajo USCUSS.

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En primer lugar, las siguientes tablas muestran un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

Tabla 150: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie instalada de los cultivos perennes en los años INGEI ( 2005) | Las especies elegidas son las mismas todos los años. Superficie sembrada y Superficie en Producción | Ha | Estadísticas agrarias (MINAG) | Absorciones / emisiones por crecimiento / cosecha de materia viva |

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie instalada de los cultivos perennes en los año previo al INGEI (2004) | Para estimar la *Superficie Perdida* | Ha | Estadísticas agrarias (MINAG) | Absorciones / emisiones por crecimiento / cosecha de materia viva |

Tabla 151: Superficie Existente de Cultivos Perennes 2005

| Cultivos | Superficie instalada (ha) |
|---|---|
| Achiote | 16,821.0 |
| Cacao | 125,232.0 |
| Café | 655,289.0 |
| Olivo | 23,837.0 |
| Palma aceitera | 43,984.0 |
| Cocotero | 6,097.0 |
| Limón dulce | 831.0 |
| Limón | 53,731.0 |
| Mandarina | 22,408.0 |
| Mango | 49,759.0 |
| Manzano | 22,227.0 |
| Naranjo | 56,702.0 |
| Palto | 34,824.0 |
| Pecano | 1,468.0 |
| Té | 4,524.0 |
| Vid | 28,398.0 |
| Papaya | 38,550.0 |
| Piña | 34,933.0 |
| Plátano | 356,413.0 |
| **Total** | **1,576,028.0** |

Fuente: Estadísticas agrarias (MINAG, 2006)

### Variables y Constantes

Los factores de emisión/absorción necesarios son: acumulación de biomasa (C) y tastas de pérdida (P). Los valores por defecto se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 152: Factores de emisión usados en TATA

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Tasa de acumulación de biomasa (C) | 2.6 | t C/ha/ año | Cuadro 3.3.2 para región climática Tropical – Húmeda, OBP 2003 |
| Reserva de carbono en la biomasa sobre el suelo en la recolección | 21 | t C/ha | Cuadro 3.3.2 para región climática Tropical – Húmeda, OBP 2003. |
| Ciclo de recolección/ madurez | 8 | años | Cuadro 3.3.2 para región climática Tropical – Húmeda, OBP 2003. |

Fuente: OBP 2003 – elaboración propia

#### 4.5.2.2. Tierras Forestales que se convierten en Tierras Agrícolas (TFTA)

##### Elección del Nivel de Cálculo

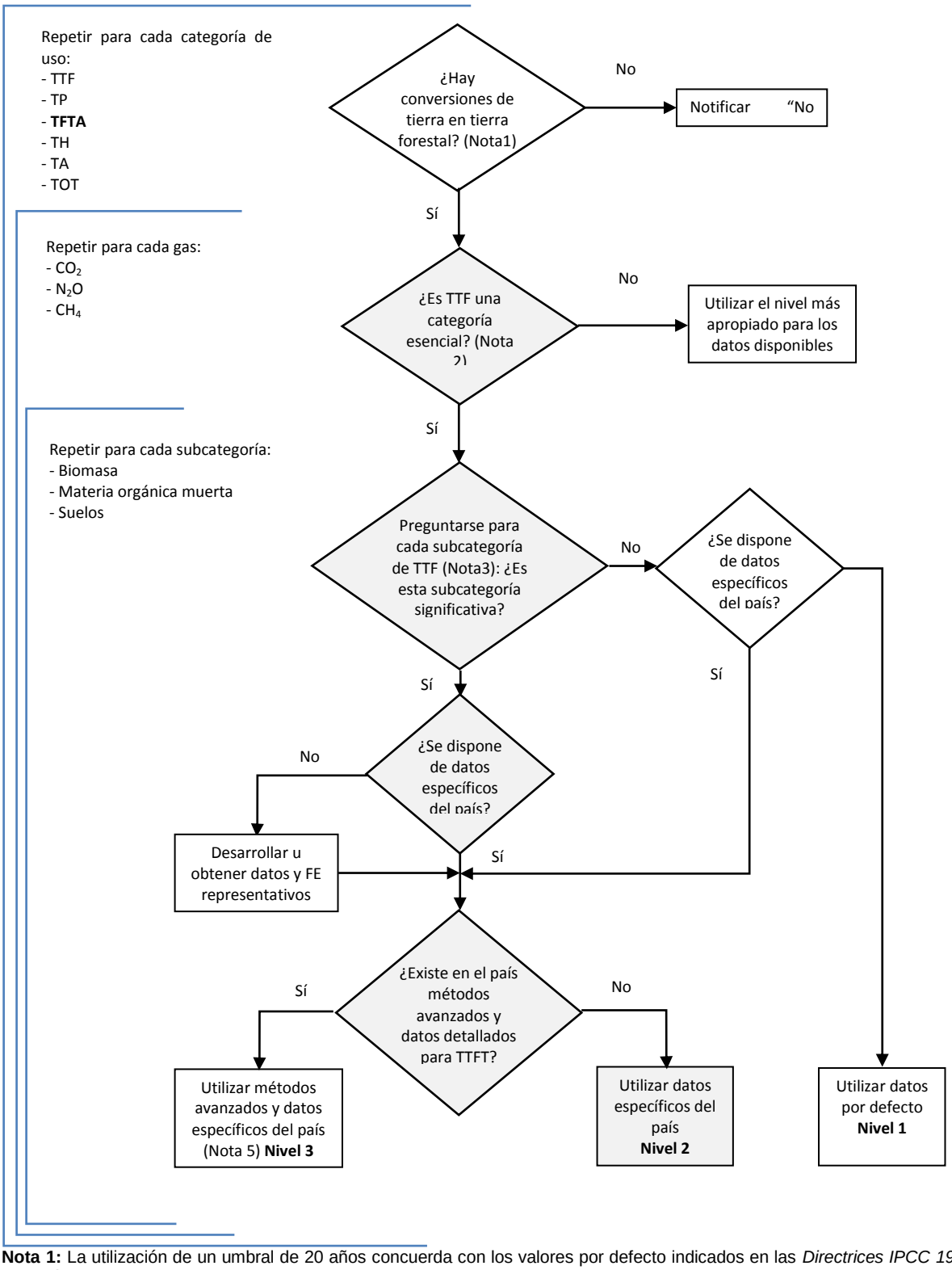
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 62: Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TFTA




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

La conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas y humedales suele producir una pérdida neta de carbono de la biomasa y de los suelos hacia la atmósfera. Por el contrario, si la conversión se da en tierras con escasa vegetación o muy perturbadas (p. e. de minería), puede suceder una ganancia neta en ambos depósitos.

No se considera como "conversión de uso de la tierra" a los cambios de cultivo. Estas tierras deberán ser tratadas en la sub-categoría TATA.

**Ecuación 3.3.7**

$$\Delta C_{TTA} = \Delta C_{TTA\,BV} + \Delta C_{TTA\,Suelos}$$

Donde:

$\Delta C_{TTA}$ = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TTABV}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TTASuelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

- ***Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva***

La ecuación para estimar las variaciones de carbono de la biomasa viva es la siguiente:

**Ecuación 3.3.8**

$$\Delta C_{TTA\,BV} = S_{Conversión} * (T_{Conversión} + \Delta C_{Crecimiento})$$

$$T_{Conversión} = (C_{Después} - C_{Antes})$$

Donde:

$\Delta C_{TTABV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$S_{Conversión}$ = superficie anual de tierras convertidas en tierras agrícolas, en ha año-1

$T_{Conversión}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en tierra agrícola, toneladas de C ha-1

$\Delta C_{Crecimiento}$ = variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en tierras agrícolas, en toneladas de C ha-1

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha-1

$C_{Antes}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha-1

Esta ecuación corresponde al nivel metodológico 1, no obstante se ha empleado el valor nacional de stock de carbono de la vegetación antes de la conversión (de cada Ecozona). Esto ya significa un avance en el ajuste de los resultados, en relación a inventarios pasados.

❖ ***Variación de las reservas de carbono orgánico del suelo***

**Ecuación 3.3.12**

$$\Delta C_{TTA\,Suelos} = \Delta C_{TTA\,Mineales} - \Delta C_{TTA\,Orgánicos} - \Delta C_{TTA\,Encalado}$$

Donde:

$\Delta C_{TTASuelos}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TTAMinerales}$ = variación de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TTAOrgánicos}$ = emisiones de C anuales procedentes de suelos orgánicos cultivados convertidos en tierras agrícolas (estimadas en términos de flujo anual neto), en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TTAEncalado}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año-1

**a) Suelos Minerales**

**Ecuación 3.3.3**

$$\Delta C_{TATA\,Minerales} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) * S]/T$$

$$COS = COS_{REF} * F_{UT} * F_{RG} * F_E$$

Donde:

- $COS_0$ es la variación de carbono orgánico del suelo en el año de inventario, en t C ha-1
- $COS_{(0-T)}$ son las reservas de carbono orgánico del suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha-1
- T es el período de inventario (20 años por defecto), en años
- S es la superficie de cada parcela, en ha
- $COS_{REF}$ es el valor de referencia de las reservas de carbono, en t C ha-1; véase el
- $F_{UT}$ es el factor de variación de las reservas para un uso de la tierra o para un cambio de uso de la tierra, sin dimensiones
- $F_{RG}$ es el factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones
- $F_E$ es el factor de variación de las reservas para una entrada de materia orgánica, sin dimensiones

Las reservas de carbono, antes y después del cambio de gestión, son estimadas en base a un valor referencial ($COS_{REF}$). Para las reservas iniciales, si el uso inicial es bosque, que es el caso en TFTA, se supone que $COS_{(0-T)}$ es igual a $COS_{REF}$, por lo que los factores $F_{UT}$, $F_E$ y $F_{RG}$ son iguales a 1. Para $COS_{(0)}$ se usan los valores de presentados en el cuadro de factores de emisión.

El cálculo se hizo por Ecozona, para los cambios desde bosque primario, y de manera general para los cambios desde bosque secundario.

**b) Suelos Orgánicos**

La metodología consiste en asignar una tasa de pérdida anual de carbono por efectos del drenaje y otras alteraciones (como labranza), para la producción agrícola.

**Ecuación 3.3.5**

$$\Delta C_{TATA\ Orgánicos} = \Sigma_c (S * FE)_c$$

Donde:

- S es la superficie de suelos orgánicos para el tipo de clima *c*, en ha
- FE es el factor de emisión para el tipo de clima *c*, en t C $ha^{-1}$ $año^{-1}$

Solo se tiene CUS en suelos orgánicos para el INGEI 2012, los INGEI de años anteriores solo presentan cambios sobre suelos minerales.

❖ ***Emisiones de GEI diferentes al CO2***

La metodología de cálculo es la misma presentada en la Sección 5.1.4.4 "Otros Gases" de TFTF.
Todo el detalle de los cálculos puede verse en las Hojas de Cálculo TA-2a y TA-2c1, TA-2c2 y TF-1d del Libro de Trabajo USCUSS.

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En primer lugar, las siguientes tablas muestran un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

Tabla 153: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie de Bosque (Primario) Amazónico que se convierte a Tierras de Cultivo, por Ecozona | Estimado por interpretación visual del cambio anual respectivo de los años 2005 | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en la biomasa viva |
| Proporción de pérdida anual de Bosque Secundario | Estimado por muestreo de uso de la tierra. Igual en cada INGEI | % | Resultados del muestreo de 2240 puntos en el área de no bosque acumulada al 2012 (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en la biomasa viva |
| Superficie de suelos minerales tipo AAA bajo cambio TFTA | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Minerales |
| Superficie de suelos minerales tipo ABA bajo cambio TFTA | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Minerales |

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| | | | Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | |
| Superficie de suelos mineral tipo AAA bajo cambio TFTA (Bosque Secundario) | Área de pérdida de B. Secundario, asumiendo que son suelos tipo AAA | Ha | Resultados del muestreo de 2240 puntos en el área de no bosque acumulada al 2012 (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Minerales |
| Superficie de Suelos Orgánicos bajo cambio TFTA | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Orgánicos |
| Superficie quemada por cambio TFTA (Bosque Primario) | Supuesto que toda el área de cambio es quemada durante deforestación | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Emisiones de otros gases |
| Superficie quemada por cambio TFTA (Bosque Secundario) | Supuesto que toda el área de cambio es quemada durante deforestación | Ha | Resultados del muestreo de 2240 puntos en el área de no bosque acumulada al 2012 (Equipo USCUSS) | Emisiones de otros gases |

Fuente: Elaboración Propia

a) Superficie de área de Cambio de Bosque Primario a Otros usos

Tabla 154: Área de Cambio de Bosque Primario a otros Usos 2005

| Uso Inicial | ECOZONA | Uso Final | SUPERFICIE (ha) |
|---|---|---|---|
| **Bosque Primario** | Selva Alta de Difícil Acceso | Bosque Primario | 2,315.2 |
| | Selva Alta Transitable | | 3,595.5 |
| | Selva Baja | | 5,986.3 |
| | Sierra | | 1.1 |
| | Ucamará | | 473.2 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Agricultura | 4,837.2 |
| | Selva Alta Transitable | | 52,916.9 |
| | Selva Baja | | 52,130.9 |
| | Sierra | | 1.4 |
| | Ucamará | | 1,900.1 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Bosque Secundario | 828.2 |
| | Selva Alta Transitable | | 5,145.1 |
| | Selva Baja | | 11,863.9 |
| | Sierra | | 1.4 |
| | Ucamará | | 790.1 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Asentamientos | 1.4 |
| | Selva Alta Transitable | | 0.5 |
| | Selva Baja | | 45.2 |
| | Ucamará | | 0.5 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Otras Tierras | 36.4 |
| | Selva Alta Transitable | | 86.5 |
| | Selva Baja | | 299.3 |
| | Ucamará | | 0.6 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Pastos | 2.7 |

| Uso Inicial | ECOZONA | Uso Final | SUPERFICIE (ha) |
|---|---|---|---|
| | Selva Alta Transitable | | 28.2 |
| | Selva Baja | | 3,555.2 |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | Cuerpos de Agua | 0.7 |
| | Selva Alta Transitable | | 1.5 |
| | Selva Baja | | 251.8 |
| | Ucamará | | 37.1 |
| **SUPERFICIE TOTAL** | | | **147,134.0** |

b) Superficie de área de Cambio de Bosque Primario Procesado

Tabla 155: Área de Cambio de Bosque Primario Procesado 2005

| Uso Inicial | ECOZONA | Uso Final | SUPERFICIE (ha) | %Subcategorías | %Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bosque Primario** | Selva Alta de Difícil Acceso | **Bosque Primario** | 2,316.3 | 18.7 | **8.4** |
| | Selva Alta Transitable | | 3,595.5 | 29.1 | |
| | Selva Baja | | 5,986.3 | 48.4 | |
| | Sierra | | - | - | |
| | Ucamara | | 473.2 | 3.8 | |
| | **SUBTOTAL** | | **12,371.3** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Agricultura** | 4,838.7 | 4.3 | **75.98** |
| | Selva Alta Transitable | | 52,916.9 | 47.3 | |
| | Selva Baja | | 52,130.9 | 46.6 | |
| | Sierra | | - | - | |
| | Ucamara | | 1,900.1 | 1.7 | |
| | **SUBTOTAL** | | **111,786.5** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Bosque Secundario** | 829.6 | 4.5 | **12.7** |
| | Selva Alta Transitable | | 5,145.1 | 27.6 | |
| | Selva Baja | | 11,863.9 | 63.7 | |
| | Sierra | | - | - | |
| | Ucamara | | 790.1 | 4.2 | |
| | **SUBTOTAL** | | **18,628.8** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Asentamientos** | 1.4 | 2.8 | **0.03** |
| | Selva Alta Transitable | | 0.5 | 0.9 | |
| | Selva Baja | | 45.2 | 95.3 | |
| | Ucamara | | 0.5 | 0.9 | |
| | **SUBTOTAL** | | **47.4** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Otras Tierras** | 36.4 | 8.6 | **0.3** |
| | Selva Alta Transitable | | 86.5 | 20.5 | |
| | Selva Baja | | 299.3 | 70.8 | |
| | Ucamara | | 0.6 | 0.1 | |
| | **SUBTOTAL** | | **422.8** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Pastos** | 2.7 | 0.1 | **2.4** |
| | Selva Alta Transitable | | 28.2 | 0.8 | |
| | Selva Baja | | 3,555.2 | 99.1 | |
| | **SUBTOTAL** | | **3,586.1** | **100.0** | |
| | Selva Alta de Difícil Acceso | **Cuerpos de Agua** | 0.7 | 0.2 | **0.2** |
| | Selva Alta Transitable | | 1.5 | 0.5 | |
| | Selva Baja | | 251.8 | 86.5 | |
| | Ucamara | | 37.1 | 12.7 | |
| | **SUBTOTAL** | | **291.0** | | |
| **SUPERFICIE TOTAL** | | | **147,134.0** | **100.0** | **100.0** |

### Variables y Constantes

Para el cálculo de pérdida de biomasa viva, se necesitan los valores de stock de Carbono antes, inmediatamente después y un año después de la conversión. Se debe incluir la biomasa de raíces, para lo cual se usa la Relación Raíz/Vástago del tipo de bosque correspondiente.

Tabla 156: Factores de emisión usados en conversión de tierras TFTA

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente después de la conversión ($C_{después}$) en TA, P, A y OT | 0 | t C/ha | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.92, 3.131, 3.155 y 3.157) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Difícil** | 98.06 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Transitable** | 84.54 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Baja** | 116.74 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Ucamará** | 70.26 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Bosques Secundarios** | 50.0 | t C/ha | |
| Relación raíz/vástago de Bosque Primario Tropical/ Subtropical | 0.24 | Sin Dimensión | Cuadro 3A.1.8, OBP 2003 (Pág. 3.179) |
| Relación raíz/vástago de Bosque Secundario Tropical/ Subtropical | 0.42 | Sin Dimensión | Cuadro 3A.1.8, OBP 2003 (Pág. 3.179) |
| Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en TA ($\Delta C_{crecimiento}$) | 5 | t C/ha | Cuadro 3.3.8 para cultivos anuales, OBP 2003 |
| Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en P ($\Delta C_{crecimiento}$) | 16.1 | t C/ha | Cuadro 3.4.2 para cultivos anuales, OBP 2003 (pág. 3.135) |

Fuente: OBP 2003 – elaboración propia

Tabla 157: Factores de emisión usados para estimación de emisión de suelos

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de Carbono de referencia en Suelos Minerales tipo AAA ($SOC_{ref}$) | 65.0 | t C/ha | Cuadro 3.3.3 para región Tropical, húmeda, OBP 2003 |
| Stock de Carbono de referencia en Suelos Minerales tipo ABA ($SOC_{ref}$) | 47.0 | t C/ha | Cuadro 3.3.3 para región Tropical, húmeda, OBP 2003 |
| Factor de Uso de la Tierra ($F_{UT}$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.9 para Bosque, OBP 2003 |
| Factor de Uso de la Tierra ($F_{UT}$) en año inventario | 0.64 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.9 para Barbecho Acortado , OBP 2003 |
| Factor de Labranza ($F_{RG}$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.9 para Bosque, OBP 2003 |
| Factor de Labranza ($F_{RG}$) en año inventario | 1.23 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.4 para Sin Labranza, Tropical, Muy Húmedo, OBP 2003 |
| Factor de Entradas ($F_E$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.9 para Bosque, OBP 2003 |
| Factor de Entradas ($F_E$) en año inventario | 0.91 | Sin dimensión | Cuadro 3.3.4 para Bajo, Tropical, Muy Húmedo, OBP 2003 |
| Factor de Emisión de Suelos Orgánicos | 20.0 | t C/ha/año | Cuadro 3.3.5 para Tropical/Subtropical, OBP 2003 |

Fuente: OBP 2003 – elaboración propia

Esta subcategoría también incluye las emisiones por quema de biomasa. Los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones de los GEI distintos al $CO_2$ son:

Tabla 158: Factores de emisión para calcular emisiones de otros gases conversión TFTA

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Masa combustible disponible en Selva Alta de Difícil Acceso | 200,110.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Selva Alta Transitable | 172,530.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Selva Baja | 238,240.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Ucamará | 143,390.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Factor de emisión de CO | 130.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $CH_4$ | 9.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $N_2O$ | 0.11 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de emisión de $NO_x$ | 0.7 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Fracción de biomasa quemada | 0.5 | Sin dimensión | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.52 y 3.95) |

Fuente: Elaboración Propia

La masa combustible es básicamente el stock de carbono aéreo determinado por MINAM, presentado en unidades diferentes. No se consideró el stock radicular al no ser afectado por el fuego.

### 4.5.3. Praderas

#### 4.5.3.1. Tierras Forestales que se convierten en Praderas (TFP)

##### Elección del Nivel de Cálculo

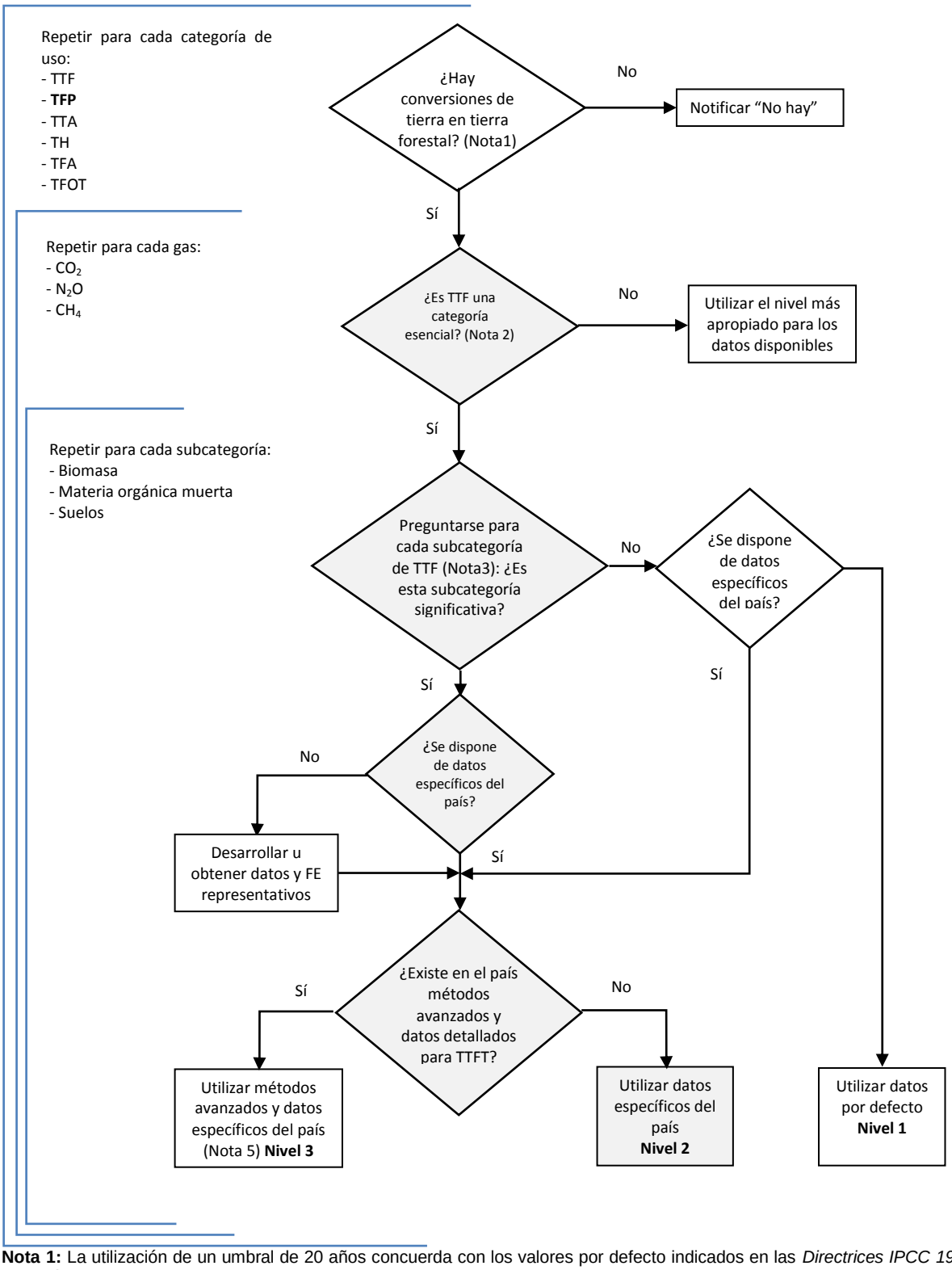
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 63: Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TFP




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

El procedimiento es similar al aplicado en Tierras Convertidas en Tierras Agrícolas. La ecuación general contempla los siguientes parámetros:

**Ecuación 3.4.12**

$$\Delta C_{TP} = \Delta C_{TP_{BV}} + \Delta C_{TP_{Suelos}}$$

Donde:

$\Delta C_{TP}$ = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TPBV}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año-1

$\Delta C_{TPSuelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año-1

- ***Variación de las reservas de la biomasa viva***

La ecuación en el Nivel 1 propuesta por la metodología es:

**Ecuación 3.4.13**

$$\Delta C_{TP_{BV}} = S_{Conversión} * (T_{Conversión} + \Delta C_{Crecimiento})$$

$$T_{Conversión} = (C_{Después} - C_{Antes})$$

Donde:

$\Delta C_{TPBV}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año$^{-1}$

$S_{Conversión}$ = superficie anual de tierras convertidas en praderas, en ha año$^{-1}$

$T_{Conversión}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en pradera, toneladas de C ha$^{-1}$

$\Delta C_{Crecimiento}$ = reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de la pradera tras la conversión, en toneladas de C ha$^{-1}$

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en pradera, en toneladas de C ha$^{-1}$

$C_{Antes}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en pradera, en toneladas de C ha$^{-1}$

- ***Variación de las reservas de carbono orgánico del suelo***

La ecuación general, así como las ecuaciones respectivas para suelos orgánicos y suelos minerales y el procedimiento del cálculo son lo mismo que lo presentado en TFTA. Lo que varía son los factores de emisión (Factor de Uso de la Tierra, Factor de Aporte y Factor de Gestión).

❖ ***Emisiones de GEI diferentes al $CO_2$***

De igual manera, el procedimiento es el mismo que el seguido en TFTA y TFTF. Las ecuaciones y el procedimiento ya han sido presentados en esta última subcategoría. Las áreas quemadas son las mismas que las áreas de cambio.

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En primer lugar, las siguientes tablas muestran un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

Tabla 159: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie de Bosque (Primario) Amazónico que se convierte a Praderas, por Ecozona | Estimado por interpretación visual del cambio anual respectivo de los años 2005 | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en la biomasa viva |
| Superficie de suelos minerales tipo AAA bajo cambio TFP | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Minerales |
| Superficie de suelos minerales tipo ABA bajo cambio TFP | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Minerales |
| Superficie de Suelos Orgánicos bajo cambio TFP | Cruce de Mapa de Suelos con áreas de CUS | Ha | Mapa de Suelos del Perú, MINAG 1996; Análisis CUS de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en Suelos Orgánicos |
| Superficie quemada por cambio TFP (Bosque Primario) | Supuesto que toda el área de cambio es quemada durante deforestación | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Emisiones de otros gases |

Fuente: Elaboración Propia

## Variables y Constantes

Tabla 160 : Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de Biomasa Viva por conversión TFP

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente después de la conversión ($C_{después}$) | 0 | t C/ha | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.131) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Difícil** | 98.06 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Transitable** | 84.54 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Baja** | 116.74 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Ucamará** | 70.26 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en P ($\Delta C_{crecimiento}$) | 8.05 | t C/ha | Cuadro 3.4.9 para Tropical- Húmeda/Muy Húmeda, OBP 2003 |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Primario | 0.24 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Secundario | 0.42 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |

Fuente: Elaboración Propia

El valor original de $\Delta C_{crecimiento}$ está dado en t m.s./ha, y equivale a 16.1. Como el cálculo pide el valor en t C/ha, se hizo la conversión multiplicándolo por la Fracción de Carbono igual a 0.5.

Con respecto a suelos, los factores de emisión utilizados son:

Tabla 161: Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de suelos por conversión TFP

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de Carbono de referencia en Suelos Minerales tipo AAA ($SOC_{ref}$) | 65.0 | t C/ha | Cuadro 3.4.4 para región Tropical, húmeda, OBP 2003 |
| Stock de Carbono de referencia en Suelos Minerales tipo ABA ($SOC_{ref}$) | 47.0 | t C/ha | Cuadro 4.4.4 para región Tropical, húmeda, OBP 2003 |
| Factor de Uso de la Tierra ($F_{UT}$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Valor por defecto para uso inicial de bosque, OBP 2003(Pág. 3.137) |
| Factor de Uso de la Tierra ($F_{UT}$) en año inventario | 1.0 | Sin dimensión | Cuadro 3.4.5 para Todos, OBP 2003 (Pág. 3.127) |
| Factor de Gestión ($F_{RG}$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Valor por defecto para uso inicial de bosque, OBP 2003(Pág. 3.127) |

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Factor de Gestión ($F_{RG}$) en año inventario | 0.97 | Sin dimensión | Cuadro 3.4.5 para Pradera Moderadamente Degradada - Tropical, OBP 2003 (Pág. 3.127) |
| Factor de Aporte ($F_E$) en año inicial | 1.0 | Sin dimensión | Valor por defecto para uso inicial de bosque, OBP 2003(Pág. 3.127) |
| Factor de Aporte ($F_E$) en año inventario | 1.0 | Sin dimensión | Cuadro 3.4.5 para Aporte Nominal - Todos, OBP 2003 (Pág. 3.127) |
| Factor de Emisión de Suelos Orgánicos | 5.0 | t C /ha /año | Cuadro 3.4.6 para Tropical/Subtropical, OBP 2003(Pág. 3.127) |

Fuente: Elaboración Propia

Los factores de Aporte y Gestión se eligieron en base a opinión de experto[60], que indicó que no se utilizan aportes de materia orgánica adicionales, y que el estado de los pastos es degradado/sobre-pastoreado. Al igual que en TFTA, el $COS_{(0-T)}$ es igual a $COS_{REF}$, lo que significa que los factores de gestión, uso y aporte son iguales a 1, cuando el uso inicial es bosque.

Para la estimación de las emisiones de los GEI distintos al $CO_2$ por quema de biomasa se usa los siguientes factores de emisión:

Tabla 162: Factores de emisión para calcular emisiones de otros gases conversión TFP

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Masa combustible disponible en Selva Alta de Difícil Acceso | 200,110.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Selva Alta Transitable | 172,530.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Selva Baja | 238,240.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Masa combustible disponible en Ucamará | 143,390.0 | Kg m.s./ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea. MINAM 2014 |
| Factor de emisión de CO | 130.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $CH_4$ | 9.0 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $N_2O$ | 0.11 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Factor de emisión de $NO_x$ | 0.7 | g/Kg m.s. quemada | Cuadro 3A.1.16, para Incendios Forestales, OBP 2003 (Pág. 3.196) |
| Fracción de biomasa quemada | 0.5 | Sin dimensión | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.52 y 3.95) |

Fuente: Elaboración Propia

[60] Opinión del experto en suelos Ing. Remigio (mremigio@pacificpir.com)

Sólo se considera la biomasa aérea porque se presume que el fuego no afecta a las raíces.

### 4.5.4. Asentamientos

Sólo se ha analizado la conversión en el ámbito Amazónico, dado que no se ha podido determinar cuantitativamente los usos posteriores a la deforestación en Costa y Sierra. Como en las otras categorías, las superficies correspondientes a TFA provienen del análisis de cambio de uso de la tierra de las áreas de pérdida anual.

#### 4.5.4.1. Tierras Forestales que se convierten en Asentamientos (TFA)

##### Elección del Nivel de Cálculo

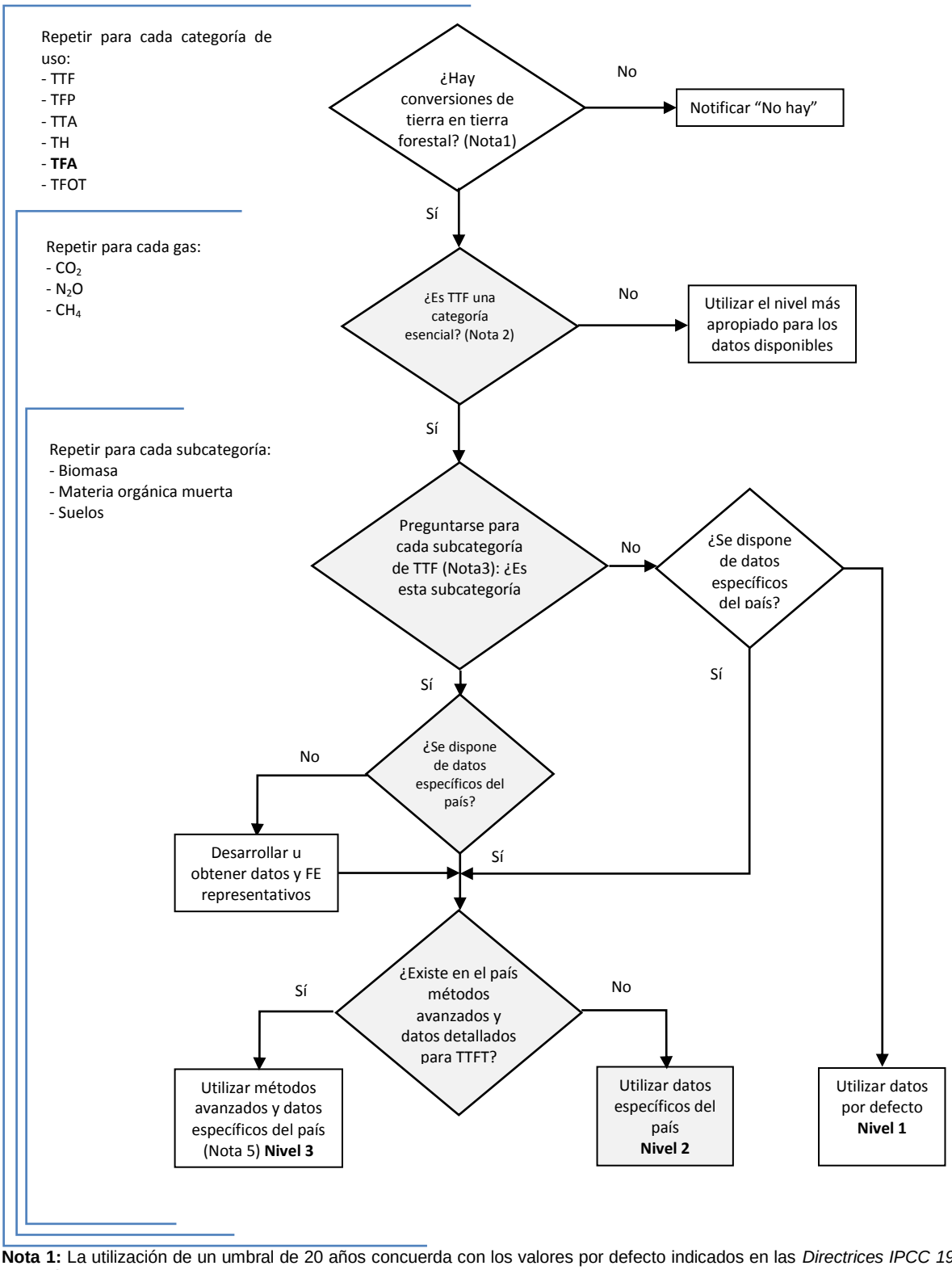
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 64: **Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TFA**




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

❖ ***Variación de las reservas de la biomasa viva***

Para TFA, la OBP 2003 sólo provee lineamientos para la estimación de emisiones del depósito de biomasa viva.

**Ecuación 3.6.1**

$$\Delta C_{TFA\,BV} = S * (C_{Después} - C_{Antes})$$

Donde:

- $\Delta C_{TFABV}$ es la variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de TF a Asentamientos, en t C año$^{-1}$
- S es la superficie de cambio TFA, en ha año$^{-1}$
- $C_{Antes}$ y $C_{Después}$ son los stocks de carbono antes y después de la conversión, en t C ha$^{-1}$

No se han estimado las emisiones del suelo porque la OBP 2003 no tiene metodologías disponibles para dicho cálculo en esta categoría.

## Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

Tabla 163: Fuentes de información de todos los datos de actividad del Sector USCUSS

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie de Bosque (Primario) Amazónico que se convierte a Asentamientos, por Ecozona | Estimado por interpretación visual del cambio anual respectivo de los años 2005 | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en la biomasa viva |

Fuente: Elaboración Propia

Además, ver la Tabla 154 de Superficie de área de Cambio de Bosque Primario a Otros usos y Superficie de área de Cambio de Bosque Primario Procesado usados en TFTA.

## Variables y Constantes

Se han usado los stocks de carbono presentes en la vegetación inicial (bosque) por Ecozona, considerando tanto biomasa aérea como biomasa radicular (aplicando la relación raíz/vástago).

Tabla 164: Factores de emisión para calcular pérdidas de carbono de Biomasa Viva por conversión TFA

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente después de la conversión ($C_{después}$) | 0 | t C/ha | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.131) |
| Stock de carbono en biomasa presente | 98.06 | t C/ha | Existencias de Carbono para el |

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Difícil** | | | Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Transitable** | 84.54 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Baja** | 116.74 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Ucamará** | 70.26 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Primario | 0.24 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Secundario | 0.42 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |

Fuente: Elaboración Propia

## 4.5.5. Otras Tierras

### 4.5.5.1. Tierras Forestales que se convierten en Otras Tierras (TFOT)

#### Elección del Nivel de Cálculo

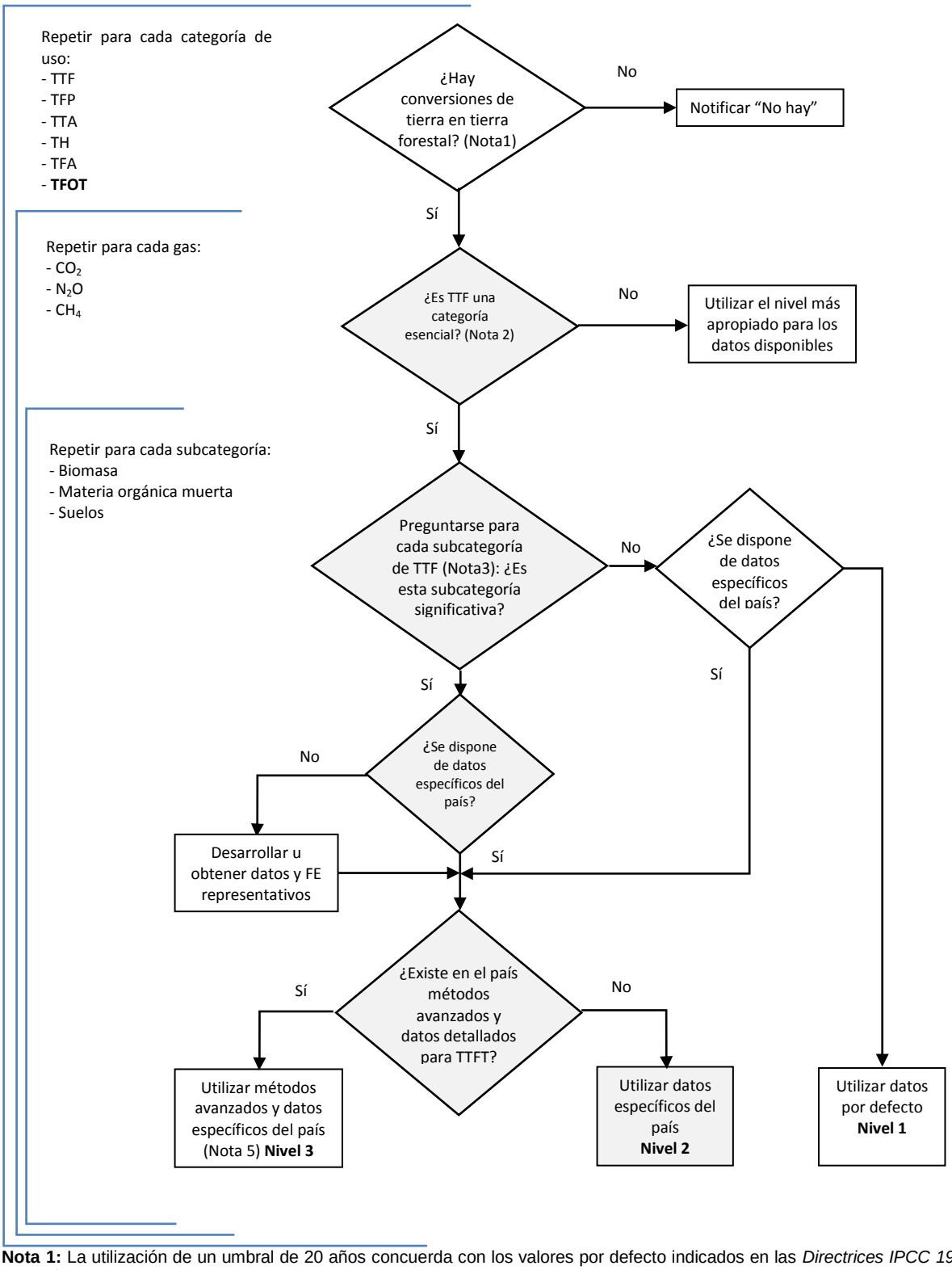
El método de cálculo debe ser elegido teniendo en cuenta la calidad de la información obtenida en el nivel de actividad. Cuanto más detallada y de mejor calidad se tenga la información, más detallado será el método de cálculo.

Para todos los casos son tres los métodos de cálculo:

- ✓ Nivel 1: solo información básica en nivel de actividad, sin información adicional y se toma el factor de emisión por defecto.
- ✓ Nivel 2: información básica en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión por defecto, factores a nivel local.
- ✓ Nivel 3: información detallada en nivel de actividad e información complementaria básica. Se toma el factor de emisión local.

Para hacer una elección adecuada del método, la OBP provee árboles de decisión, diferenciados por el criterio de permanencia o cambio del uso de la tierra. Con respecto al presente inventario, para su desarrollo se han empleado los árboles propuestos de la OBP, que a continuación en el grafico 4 y 5 se puede apreciar la metodología utilizada, resaltando de forma sombreada la secuencia de pasos a seguir para poder determinar el método de cálculo más apropiado.

Gráfico 65: **Árbol de decisión para identificar el nivel metodológico apropiado para TFOT**




**Nota 1:** La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices IPCC 1996*. Los países pueden usar periodos diferentes, de acuerdo a las circunstancias nacionales.
**Nota 2:** El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 de la OBP 2003.Ver cálculo en hoja
**Nota 3:** Subcategoría entendida aquí como los depósitos de carbono a analizarse.
**Nota 4:** Una subcategoría es significativa cuando representa 20-25% de las emisiones/absorciones de la categoría

❖ ***Variación de las reservas de la biomasa viva***

La categoría TFOT incluye las emisiones de la biomasa viva como del suelo. No obstante en los INGEI sólo se ha analizado el depósito de biomasa viva. La ecuación correspondiente es:

**Ecuación 3.7.2**

$$\Delta C_{TOTAgV} = S_{Conversión} * (B_{Después} - B_{Antes}) * FC$$

Donde:

- $\Delta C_{TFABV}$ es la variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de TF a Otras Tierras, en t C año$^{-1}$
- $S_{Conversión}$ es la superficie de cambio TFOT, en ha año$^{-}$1
- $B_{Antes}$ y $B_{Después}$ son la cantidad de biomasa viva antes y después de la conversión, en t m.s. ha$^{-1}$
- FC es la fracción de carbono de la materia seca, en t C (t m.s.)$^{-1}$

El cálculo es el mismo que en TFA, con la diferencia que aquí se trabaja con stocks de biomasa y no de carbono. El cálculo se hizo por Ecozona.

### Descripción del Nivel de Actividad

La información necesaria en el sector USCUSS proviene principalmente del MINAM (Programa Nacional de Conservación de Bosques) y MINAGRI (SERFOR), y está conformada tanto por estadísticas periódicas de actividades productivas, como por análisis espaciales de uso de la tierra.

En primer lugar, las siguientes tablas muestran un resumen de las fuentes de información de los datos de actividad, y posteriormente, toda la información base recopilada, necesaria para las estimaciones de emisión/absorción de GEIs en USCUSS.

Tabla 165: Fuentes de información de todos los datos de actividad para TFOT

| Dato | Detalle | Unidad | Fuente | Uso |
|---|---|---|---|---|
| Superficie de Bosque (Primario) Amazónico que se convierte a Otras Tierras, por Ecozona | Estimado por interpretación visual del cambio anual respectivo de los años 2005 | Ha | Análisis de cambio de uso de las áreas de pérdida anual del Mapa Bosque/No Bosque 2000-2013 del MINAM (Equipo USCUSS) | Cambio anual de stock de carbono en la biomasa viva |

Fuente: Elaboración propia

Además, ver la Tabla 154 de Superficie de área de Cambio de Bosque Primario a Otros usos y Superficie de área de Cambio de Bosque Primario Procesado usados en TFTA.

### Variables y Constantes

Son los mismos factores, para el cálculo de variación de carbono de la biomasa viva, que los usados en las categorías anteriores.

Tabla 166: Factores de emisión usados para estimación de emisión de suelos

| Dato | Valor | Unidad | Fuente |
|---|---|---|---|
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente después de la conversión ($C_{después}$) | 0 | t C/ha | Valor por defecto, OBP 2003 (Pág. 3.131) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Difícil** | 98.06 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Alta Transitable** | 84.54 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Selva Baja** | 116.74 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Stock de carbono en biomasa presente inmediatamente antes de la conversión ($C_{antes}$) en **Ucamará** | 70.26 | t C/ha | Existencias de Carbono para el Reservorio de Biomasa Aérea Arbórea (MINAM, preliminar) |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Primario | 0.24 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |
| Relación Raíz/Vástago de Bosque Secundario | 0.42 | Sin dimensión | Cuadro 3A.1.8 para B. Tropical/Subtropical, OBP 2003 |

Fuente: OBP 2003 – elaboración propia

Asimismo, se asume que en esta categoría no hay biomasa, por tanto el stock de carbono final es igual a cero.

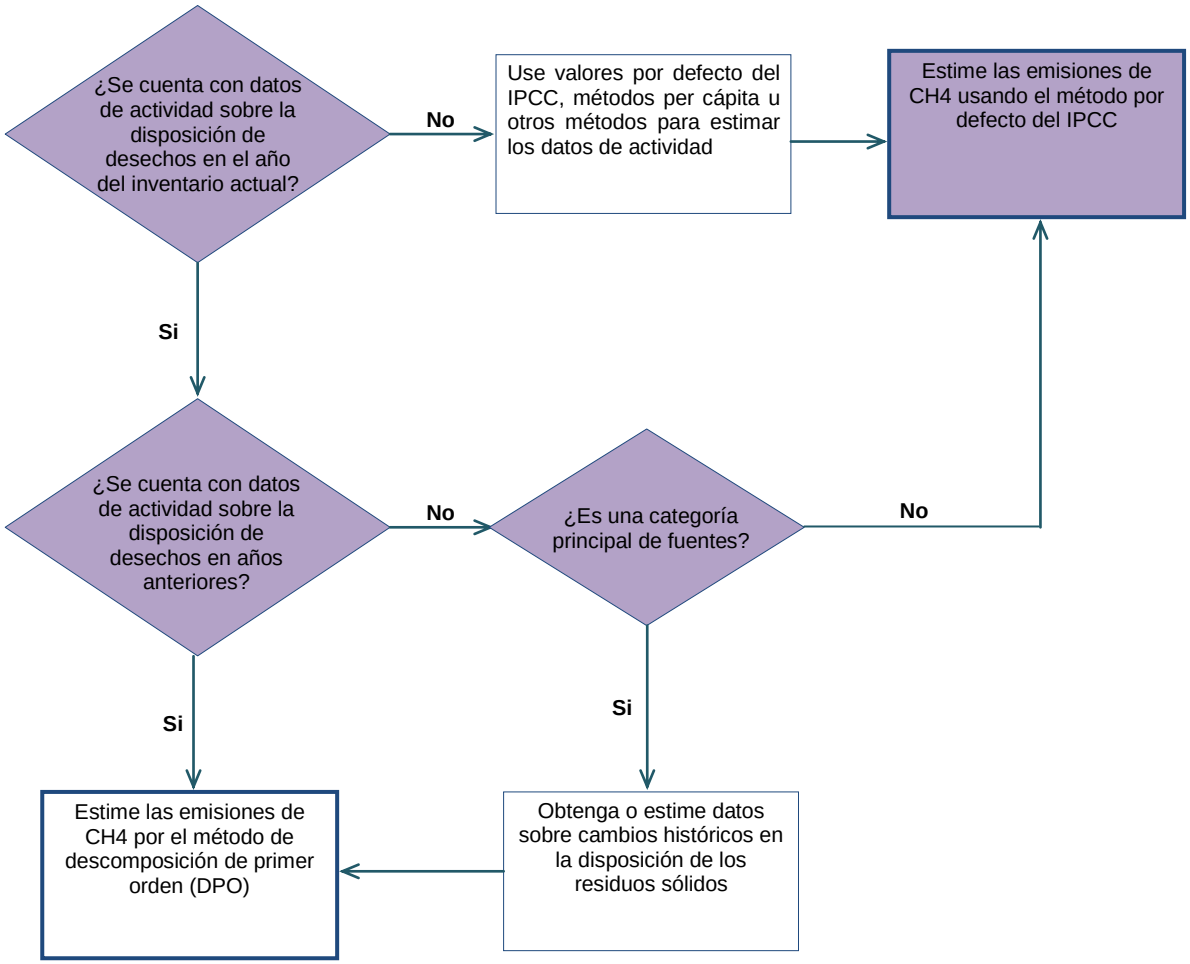
## 4.6. Desechos

Las emisiones provenientes del sector desechos se generan por la descomposición de los residuos han sido estimadas aplicando las GL 1996 y OBP 2000.

En esta fuente se contabilizan las emisiones de metano procedentes de la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos dispuestos en sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS). La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación.

Existen dos métodos de cálculo para esta fuente, el método por defecto (nivel 1) y el método de descomposición de primer orden (DPO) (nivel 2). La principal diferencia entre ambos métodos es que el método DPO da lugar a un perfil de emisión que depende del tiempo transcurrido y que refleja mejor las verdaderas pautas del proceso de degradación a lo largo del tiempo, mientras que el método por defecto se basa en la suposición de que la totalidad del $CH_4$ potencial se libera durante el año en el que se produce la disposición de los desechos. La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación.

Gráfico 66: Árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH4 procedentes de los vertederos de residuos sólidos




Fuente: OBP 2000, figura 5.1, página 5.6

Una vez identificada la metodología (nivel 1), sobre la base de la información disponible, se procedió a estimar las emisiones siguiendo las siguientes ecuaciones.

Ecuación 42: Emisiones de $CH_4$ generadas por los residuos sólidos

$$\textit{Emisiones de } CH_4 = [(RSU_T \bullet RSU_F \bullet L_0) - R] \bullet (1 - OX)$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| Emisiones de $CH_4$ | = $CH_4$ emitido durante el año base del inventario (2012) |
| $RSU_T$ | = cantidad total de residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el año 2012 |
| $RSU_F$ | = fracción de RSU eliminados en los vertederos de residuos |
| $L_0$ | = potencial de generación de metano |
| R | = $CH_4$ recuperado, que según se indico ha sido considerado como cero para el año 2012 |
| OX | = factor de oxidación (fracción), cero |

*Fuente: OBP 2000, ecuación 5.3, página 5.8*

Nota: es importante señalar que no hay información disponible sobre la fracción de residuos que llega al vertedero, por lo tanto en un escenario conservador, se ha asumido que es el 100%

De la ecuación anterior se hace necesario contar con el potencial de generación de metano, el cual se estima a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 43: Potencial de generación de $CH_4$

$$L_0 = [FCM \bullet COD \bullet COD_f \bullet F \bullet 16/12]$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $L_0$ | = Potencial de generación de metano |
| FCM | = factor de corrección para el metano |
| COD | = carbono orgánico degradable |
| $COD_f$ | = fracción de COD no asimilada |
| F | = fracción por volumen de $CH_4$ en el gas de vertedero, 50% |
| 16/12 | = cociente de pesos moleculares $CH_4$/C |

Fuente: OBP 2000, página 5.8

Por último, para poder estimar el potencial de generación de metano es necesario calcular el carbono orgánico degradable, el mismo que se obtiene a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 44: Carbono orgánico degradable

$$COD = (0.4 \bullet A) + (0.17 \bullet B) + (0.15 \bullet C) + (0.3 \bullet D)$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| A | = fracción de RSU compuesto de papeles y textiles |
| B | = fracción de RSU de desechos de jardín |
| C | = fracción de RSU compuesto de restos de alimentos |
| D | = fracción de RSU compuesto de madera o paja |

Fuente: OBP 2000, ecuación 5.4, página 5.9

### 4.6.1.1. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría residuos sólidos.

Tabla 167: Nivel de actividad para residuos sólidos

| Código | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 6 | **Desechos** | | | |
| 6A | Disposición de residuos sólidos | | | |
| 6A1 | Residuos sólidos | Población urbana 2007 según | Instituto Nacional de Estadísticas e | |

| Código | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| | | región/provincia/distrito | Informática (INEI) | |
| | | Población nacional según región, provincia y distritos - 2012 | Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) | |
| | | Generación per cápita | Ministerio del Ambiente (MINAM) | |
| | | Caracterización de residuos sólidos (papeles, jardín, alimentos, madera) | Ministerio del Ambiente (MINAM) | |

Leyenda de Calidad:

No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.

Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.

La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Generación per cápita:

El valor de la generación per cápita, para el año 2005, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 168: Generación per cápita residuos sólidos

| Rango de población | Costa | Sierra | Selva |
|---|---|---|---|
| < 1,999 | 0.49 | 0.455 | 0.663 |
| 2,000 - 19,999 | 0.511 | 0.474 | 0.581 |
| 20,000 - 49,999 | 0.578 | 0.563 | 0.586 |
| 50,000 - 99,999 | 0.565 | 0.543 | 0.37 |
| 100,000 - 499,999 | 0.633 | 0.599 | 0.809 |
| > 500,000 | 0.579 | | |

Fuente: Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú gestión 2012, Cuadro 5, página 41

Caracterización de residuos sólidos a nivel de distrito:

Además se pudo establecer la composición promedio de los residuos sólidos, de acuerdo a información brindada por SIGERSOL:

Tabla 169: Caracterización de residuos sólidos según región natural y población

| Región natural | Intervalo de población | Papel y textiles | Desechos de jardín, desechos de parques u otros | Compuesta de restos de alimentos | Madera o paja |
|---|---|---|---|---|---|
| Costa | menos de 1,999 | 18.04% | 0.00% | 63.76% | 0.00% |
| Costa | 2,000 - 19,999 | 21.72% | 4.20% | 42.11% | 0.88% |
| Costa | 20,000 - 49,999 | 20.34% | 1.68% | 41.86% | 0.96% |
| Costa | 50,000 - 99,999 | 17.60% | 2.05% | 53.18% | 0.49% |
| Costa | 100,000 - 499,999 | 15.93% | 3.43% | 46.61% | 0.61% |
| Costa | 500,000 a más | 12.86% | 0.41% | 52.14% | 0.46% |
| Sierra | menos de 1,999 | 6.93% | 0.01% | 71.65% | 0.01% |
| Sierra | 2,000 - 19,999 | 13.84% | 1.89% | 50.11% | 1.68% |
| Sierra | 20,000 - 49,999 | 15.97% | 1.57% | 43.90% | 0.89% |
| Sierra | 50,000 - 99,999 | 14.11% | 1.96% | 54.65% | 0.55% |
| Sierra | 100,000 - 499,999 | 17.86% | 5.42% | 45.24% | 0.90% |
| Sierra | 500,000 a más | | | | |
| Selva | menos de 1,999 | 6.92% | 0.00% | 63.08% | 0.00% |
| Selva | 2,000 - 19,999 | 8.39% | 0.32% | 64.98% | 0.16% |

| Región natural | Intervalo de población | Papel y textiles | Desechos de jardín, desechos de parques u otros | Compuesta de restos de alimentos | Madera o paja |
|---|---|---|---|---|---|
| Selva | 20,000 - 49,999 | 9.52% | 1.99% | 61.99% | 1.53% |
| Selva | 50,000 - 99,999 | 12.43% | 1.23% | 57.60% | 2.18% |
| Selva | 100,000 - 499,999 | 9.24% | 9.79% | 62.18% | 0.21% |
| Selva | 500,000 a más | | | | |

Fuente: Elaboración propia, en base al Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú gestión 2012

#### 4.6.1.2. Variables y constantes

Para estimar las emisiones de la categoría residuos sólidos se requieren de distintas variables y factores de emisión. Parte de estas se estiman en base a información nacional disponible (COD) y en otros casos se usan valores por defecto del IPCC.

En los siguientes párrafos se describen los factores de emisión considerados en esta categoría:

Fracción del carbono orgánico degradable no asimilado ($COD_F$)

Es la fracción de carbono que se degrada y se libera desde un sitio de disposición o vertedero de residuos sólidos, tomando en cuenta que no todo el carbono orgánico se degrada o lo hace muy lentamente bajo condiciones anaeróbicas. De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas y recomendación de especialistas, se utilizó un valor de **0.5**.

Factor de corrección para el metano (FCM)

Refleja el hecho que a partir de una cantidad determinada de desechos, los botaderos (vertederos no controlados) producen menos $CH_4$ que los rellenos sanitarios (controlados), debido a que la fracción de residuos que se descompone aeróbicamente en las capas superiores de los vertederos o lugares de disposición no controlados es menor por la presencia de oxígeno evitándose la metanogenesis. En ese sentido, la determinación de este factor es concluyente para la estimación final de emisiones. Las OBP 2000 consideran los siguientes valores.

Tabla 170: FCM según lugares de eliminación de residuos sólidos

| **Tipo de vertedero o lugar de eliminación de residuos** | **Valores por defecto del factor de corrección de metano** (FCM) | **Comentarios** |
|---|---|---|
| Relleno sanitario – controlado | 1.0 | Colocación controlada de los residuos, incluyen: material protector de la cubierta, compactación mecánica o nivelación de desechos |
| Botaderos – profundo (> 5 m de desechos) | 0.8 | No cumplen con criterios de los lugares controlados. |
| Botadero – poco profundo (< 5 m de desechos) | 0.4 | No cumplen con criterios de los lugares controlados. |
| Vertederos no incluidos en ninguna categoría | 0.6 | Cuando no es posible categorizarlos en las categorías anteriores. |

Fuente: OBP 2000, cuadro 5.1, página 5.9

Fracción de $CH_4$ en el gas de vertedero (F)

La descomposición de los residuos genera gases con aproximadamente un 50% de $CH_4$, esto se señala en las OBP 2000 del IPCC (página 5.10) y por ende este valor es el que se utilizó para la estimación de las emisiones de metano.

Recuperación de metano (R)

Si bien es cierto que en el Perú existen algunas experiencias de recuperación de metano en los rellenos sanitarios para la generación de energía, no se dispuso de información documentada que sustente el volumen de recuperación de metano, por lo tanto el valor por defecto utilizado fue *cero*. Cabe señalar que se tuvo acceso a la información de las emisiones verificadas para el relleno sanitario de Huaycoloro, sin embargo correspondían a 10 meses del año 2009, y tomando en consideración las recomendaciones de las Buenas Prácticas del IPCC, se consideró no pertinente extrapolar estos datos al año base 2010 sin tener el sustento respectivo para esa fecha. Asimismo, se verificó que la emisión disponible del año 2009 representaba menos del 3% del total de emisiones para la categoría de residuos, por lo tanto su influencia en el resultado final hubiera sido mínima.

Las emisiones para el Sector Desechos se vienen estimando bajo el nivel de cálculo 1. Esto admite el uso de una serie de supuestos, solucionando así el problema de ausencia de datos; sin embargo, muchas de las categorías pueden ser estimadas sólo con grandes rangos de incertidumbre.

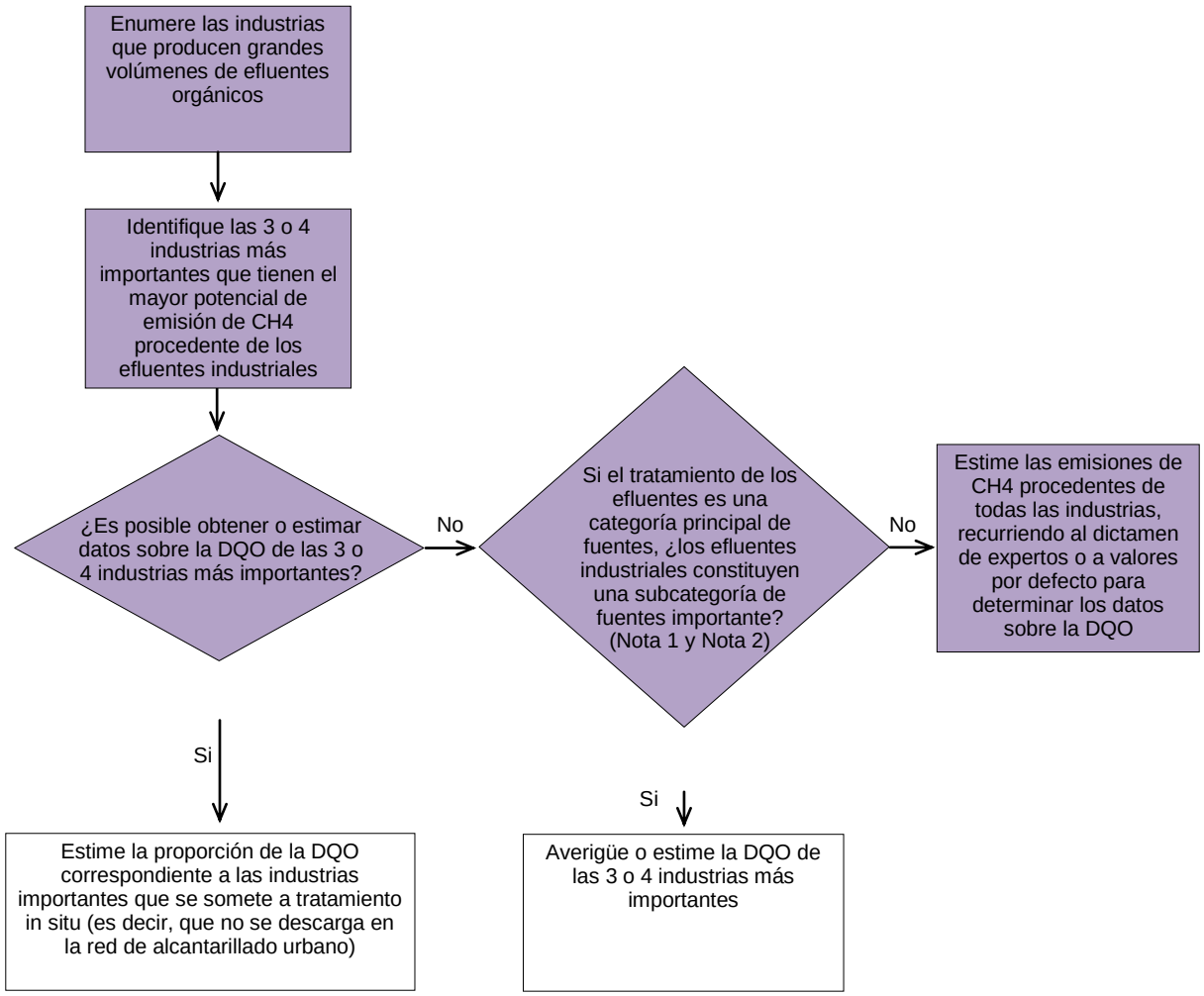
### 4.6.2. Efluentes industriales

Los efluentes industriales generan emisiones de metano debido a los procesos de tratamiento específicos de diversos tipos de industrias (alimentos, bebidas, químicos, etc.). Según los niveles de producción y la carga orgánica en cada tipo de industria se generan efluentes distintos volúmenes de efluentes y niveles de DQO, los que condicionan la mayor o menor generación de emisiones. La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación.

#### 4.6.2.1. Elección del nivel de cálculo

El método de cálculo es similar al seguido para las aguas residuales domésticas, aunque este es más complejo porque requiere de datos específicos de las plantas de tratamiento de cada industria, es decir datos obtenidos en cada fuente. En el Perú no existen datos a ese nivel por lo que se trabaja con factores de emisión del IPCC.

Gráfico 67: Árbol de decisión para las emisiones de $CH_4$ procedentes del tratamiento de aguas residuales industriales




Fuente: OBP 2000, figura 5.4, página 5.22

Siguiendo las indicaciones señaladas en el árbol de decisiones se debe proceder a usar las siguientes ecuaciones:

Ecuación 45: componente orgánico del efluente industrial

$$CO_{EI} = DQO \bullet AR_{PROD} \bullet (1\text{-}Frac_{codL})$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $CO_{EI}$ | = carbono orgánico del agua residual industrial |
| *DQO* | = *Demanda Química de Oxígeno* |
| $AR_{PROD}$ | = *Agua residual producida* |
| $Frac_{codL}$ | = *Fracción del componente orgánico degradado como lodo* |

Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, desperdicios, primera parte, página 6.23

Nota: es importante señalar que a nivel nacional no es una práctica común la separación de los lodos. El IPCC en sus GL 1996 da un valor por defecto igual a 0.

A través del uso de la ecuación anterior se estima la totalidad de carbono orgánico existente en el efluente industrial, esta variable deberá multiplicarse por un factor de emisión a determinar según la siguiente ecuación:

Ecuación 46: factor de emisión del tratamiento del efluente industrial

$$FE_{EI} = Frac_{AR} \bullet FCM \bullet B_O$$

Dónde:

$FE_{EI}$ = factor de emisión del efluente industrial

$Frac_{EIT}$ = fracción del efluente industrial tratado a nivel nacional

$FCM$ = *factor de conversión de metano*

$B_O$ = *capacidad máxima de producción de metano*

Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, Desperdicios, primera parte, página 6.24

Una vez obtenido el factor de emisión correspondiente, este debe ser multiplicado por la totalidad del carbono orgánico presente en el efluente industrial y además por la capacidad máxima de producción de metano.

Ecuación 47: emisiones de metano procedentes del tratamiento del agua residual industrial

$$Emisiones_{(CH_4)} = CO_{EI} \bullet FE_{EI}$$

Dónde:

$Emisiones_{(CH_4)}$ = emisiones de metano

$CO_{EI}$ = carbono orgánico del efluente industrial

$FE_{EI}$ = factor de emisión de efluentes industriales

Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, Desperdicios, primera parte, página 6.24

### 4.6.2.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría efluentes industriales.

Tabla 171: Nivel de actividad para el tratamiento de efluentes industriales

| Código | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | | | **Desechos** | | | |
| | 6B | | | Tratamiento de aguas residuales | | | |

| Código | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|
| 6B1 | Efluentes industriales | Producción industrial según tipo de industria. | Ministerio de la Producción (PRODUCE) | |

Leyenda de Calidad:
- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Producción industrial.- esta información es de suma importancia porque a través de esta y otras variables y constantes se hace posible tener un estimado del carbono orgánico degradable en los efluentes industriales. Se consideran los productos que figuran en las guías del IPCC, los mismos que han sido considerados en anteriores inventarios.

Tabla 172: Producción nacional por tipo de producto - 2005

| Descripción del producto | Unidad | Producción |
|---|---|---|
| ALIMENTOS | | |
| Carne de Ave Beneficiada | TM. | 498,822.0 |
| Carne de Vacuno Beneficiada | TM. | 153,109.0 |
| Conservas de Pescados y Mariscos | TM. | 55,500.0 |
| Harina de Anchoveta, otras Especies y Residuos | TM. | 1,930,700.0 |
| Jugos y Refrescos Diversos | KG. | 63,327.3 |
| Esparragos Congelados | KG. | 6,596.0 |
| Conservas de Esparragos | KG. | 25,783.0 |
| Margarina | TM. | 16,194.0 |
| Aceites Vegetal y Compuesto | TM. | 186,297.0 |
| Leche Evaporada | TM. | 327,423.0 |
| Quesos | KG. | 6,202.5 |
| Yogurt | KG. | 51,151.5 |
| Azúcar Refinada | TM. | 695,598.3 |
| ELABORACION DE BEBIDAS | | |
| Vinos y Espumantes | LT. | 5,844.03 |
| Cerveza Blanca | ML.LT. | 788,921.81 |
| FABRICACION DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL | | |
| Papel Kraft y Similares | TM. | 3,862.8 |
| Papel Bond y Similares | TM. | 48,337.4 |
| Cartón Liner | TM. | 33,349.5 |
| Cartón Corrugado | TM. | 5,137.1 |
| FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS | | |
| Productos de Limpieza del Hogar | KG. | 13,592.2 |
| Champú | TM. | 5,079.5 |
| Detergentes | TM. | 77,135.0 |
| Jabón para Lavar Ropa | TM. | 33,291.7 |
| Jabón de Tocador | TM. | 3,305.3 |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO | | |
| Polietileno (Consumo de) | KG. | 29,808.4 |

| Descripción del producto | Unidad | Producción |
|---|---|---|
| Poliestireno (Consumo de) | KG. | 1,014.3 |
| Polipropileno (Consumo de) | KG. | 36,883.4 |
| P V C (Consumo de) | KG. | 30,489.3 |
| Plastificantes D O P (Consumo de) | KG. | 2,052.6 |
| Masterbatch (Consumo de) | KG. | 989.7 |
| Resina Pet para Envases (Consumo de) | KG. | 67,239.1 |

Fuente: Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2012

#### 4.6.2.3. Variables y constantes

Para estimar las emisiones de los efluentes industriales se requieren de distintas variables y factores de emisión, que por tratarse del nivel más básico, son obtenidas del IPCC, es decir valores por defecto.

Tabla 173: Variables consideradas para efluentes industriales

| Variable | Descripción | Valor | Fuente |
|---|---|---|---|
| Densidad del vino | Masa que representa cierto volumen de vino | 996.5 g/l | OBP 2000 |
| Densidad de la cerveza | Masa que representa cierto volumen de cerveza | 1,010 g/cm$^3$ | Universidad Nacional Agraria la Molina |

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se requiere contar para las estimaciones con distintos factores de emisión, los mismos que se detallan a continuación.

Tabla 174: Factores de emisión usados para efluentes industriales

| ALIMENTOS | DQO (g/l) | Generación de efluentes (m$^3$/Mg) |
|---|---|---|
| ALIMENTOS | | |
| Carne de Ave Beneficiada | 4.1 | 13 |
| Carne de Vacuno Beneficiada | 4.1 | 13 |
| Conservas de Pescados y Mariscos | 2.5 | 13 |
| Harina de Anchoveta, otras Especies y Residuos | 2.5 | 13 |
| Jugos y Refrescos Diversos | 2 | 2 |
| Espárragos Congelados | 5 | 20 |
| Conservas de Espárragos | 5 | 20 |
| Margarina | 0.85 | 3.1 |
| Aceites Vegetal y Compuesto | 0.85 | 3.1 |
| Leche Evaporada | 2.7 | 7 |
| Quesos | 2.7 | 7 |
| Yogurt | 2.7 | 7 |
| Azúcar Refinada | 3.2 | 11 |
| ELABORACION DE BEBIDAS | | |
| Vinos y Espumantes | 1.5 | 23 |
| Cerveza Blanca | 2.9 | 6.3 |
| FABRICACION DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL | | |
| Papel Kraft y Similares | 9 | 162 |
| Papel Bond y Similares | 9 | 162 |
| Cartón Liner | 9 | 162 |

| ALIMENTOS | DQO (g/l) | Generación de efluentes ($m^3$/Mg) |
|---|---|---|
| Cartón Corrugado | 9 | 162 |
| FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS | | |
| Productos de Limpieza del Hogar | 0.85 | 3 |
| Champú | 0.85 | 3 |
| Detergentes | 0.85 | 3 |
| Jabón para Lavar Ropa | 0.85 | 3 |
| Jabón de Tocador | 0.85 | 3 |
| FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO | | |
| Polietileno (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| Poliestireno (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| Polipropileno (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| P V C (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| Plastificantes D O P (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| Masterbatch (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |
| Resina Pet para Envases (Consumo de) | 3.7 | 0.6 |

Fuente: OBP - Cuadro 5.4

Adicionalmente se han usado los siguientes factores para la estimación de emisiones:

Tabla 175: Otros factores de emisión usados para efluentes industriales

| Factor | Valor |
|---|---|
| Fracción de los efluentes tratados | 0.2 |
| Factor de conversión de metano | 0.9 |

Fuente: IPCC 1996 – tabla 6-8

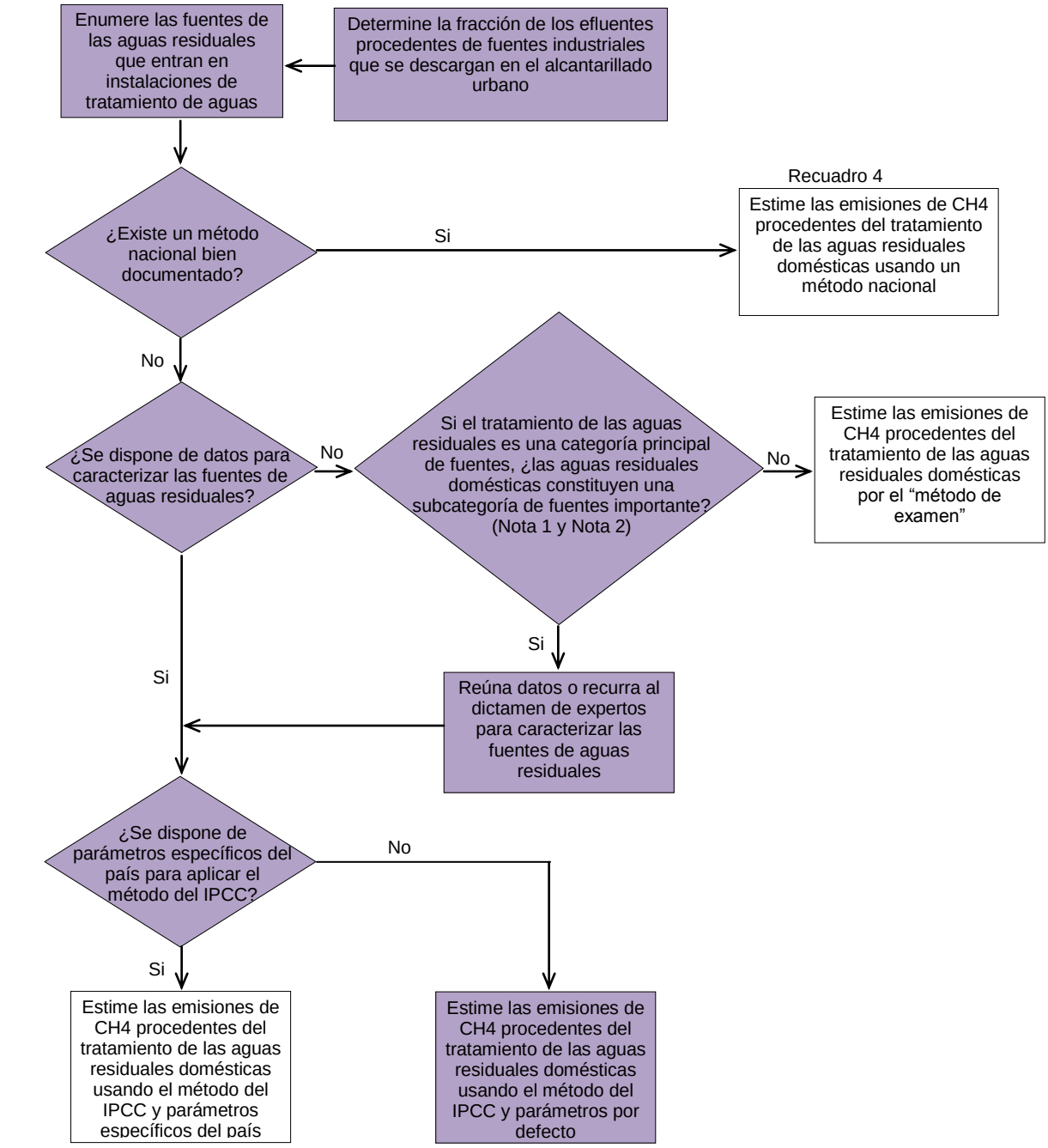
## 4.6.3. Aguas residuales domésticas

### 4.6.3.1. Elección del nivel de cálculo

Las aguas residuales domésticas generan emisiones de metano debido a sus procesos de tratamiento en situaciones anaerobias. El IPCC describe un solo método de cálculo por lo que no existen estimaciones de nivel 2 o 3. Sin embargo las estimaciones pueden ser más o menos precisas en base a la información que se disponga

La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación.

Gráfico 68: Árbol de decisión para las emisiones de $CH_4$ procedentes del tratamiento de aguas residuales domésticas




Fuente: OBP 2000, figura 5.2, página 5.16

Una vez identificada la metodología, sobre la base de la información disponible, se procedió a estimar las emisiones siguiendo las siguientes ecuaciones.

**Ecuación 48: componente orgánico del agua residual doméstica**

$$CO_{ARD} = Pob \bullet DBO \bullet (1\text{-}Frac_{codL})$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $CO_{ARD}$ | = carbono orgánico del agua residual doméstica |
| *Pob* | = *población* |
| *DBO* | = *Demanda Biológica de Oxígeno* |
| $Frac_{codL}$ | = *Fracción del componente orgánico degradado como lodo* |

*Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, desperdicios, primera parte, páginas 6.15 y 6.16*

Nota: es importante señalar que a nivel nacional no es una práctica común la separación de los lodos. El IPCC en sus GL 1996 da un valor por defecto igual a 0.

Una vez obtenido, el total del componente orgánico presente en las aguas residuales, se debe de multiplicar por el factor de emisión correspondiente a las aguas residuales domésticas para así obtener las emisiones de la presente fuente. El factor de emisión se calcula a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 49: factor de emisión del tratamiento de agua residual doméstica

$$FE_{ARD} = B_O \bullet \textit{promedio ponderado de los FCM}$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $FE_{ARD}$ | = factor de emisión de aguas residuales domésticas |
| $B_O$ | = *capacidad máxima de producción de metano* |
| *FCM* | = *factor de conversión de metano* |

Fuente: OBP 2000, desechos, ecuación 5.7, página 5.18

Nota: El FCM es un valor que depende de las características del sistema de tratamiento de aguas. Como en el caso peruano, no se dispone de datos, se ha asumido un único FCM, para todos los sistemas de tratamiento, el $FE_{ARD}$ se estima a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 50: factor de emisión del tratamiento de agua residual doméstica (adecuada)

$$FE_{ARD} = F_{ART} \bullet B_O \bullet FCM$$

Dónde:

| | |
|---|---|
| $F_{ART}$ | = fracción del agua residual doméstica tratada a nivel nacional |

Finalmente y para hallar las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales domésticas se debe aplicar la siguiente ecuación.

***Ecuación 51: emisiones de metano procedentes del tratamiento del agua residual doméstica***

$$Emisiones_{(CH_4)} = CO_{ARD} \bullet FE_{ARD}$$

Dónde:

| | | |
|---|---|---|
| $Emisiones_{(CH_4)}$ | = | emisiones de metano |
| $CO_{ARD}$ | = | carbono orgánico del agua residual doméstica |
| $FE_{ARD}$ | = | factor de emisión de aguas residuales industriales domésticas |

Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, desperdicios, primera parte, página 6.17.

### 4.6.3.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerido y recopilado para el INGEI en la categoría aguas residuales domésticas.

Tabla 176: Nivel de actividad para el tratamiento de aguas residuales domésticas

| Código | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | | | **Desechos** | | | |
| | 6B | | | Tratamiento de aguas residuales | | | |
| | | 6B2 | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | | |
| | | | 6B2a | Aguas residuales domésticas | Población con sistema de alcantarillado | **Entidad**: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) | |
| | | | | | Porcentaje de tratamiento de aguas residuales (%) | **Dato específico:** Información enviada por Marissa Andrade. | |
| | | | | | Componente orgánico degradable (DBO) | Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales<br><br>(Debe hacerse un ajuste para llevarlo a las unidades requeridas) | |

Leyenda de Calidad:
- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en este, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación:

a) Población con sistema de alcantarillado.- la población con sistema de alcantarillado, según cada Empresa Prestadora de Servicios (EPS), es informado por la SUNASS, en sus reportes anuales. Para el año 2005, estos datos fueron proporcionados por correo electrónico de la Arq. Marissa Andrade de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
b) Porcentaje de tratamiento de aguas residuales.- cada una de las EPS informa a SUNASS sobre su cobertura de tratamiento de aguas residuales, dentro de su ámbito de población atendida. Esta información fue enviada por Marissa Andrade.

En la siguiente tabla se presentan los datos de nivel de actividad, para la población que cuenta con alcantarillado y el porcentaje de tratamiento de aguas residuales, dentro del ámbito de cobertura de cada EPS.

Tabla 177: Población urbana con alcantarillado y tratamiento de agua residual, según regiones - 2005

| Región | Empresa Prestadora de Servicio | Tratamiento de aguas residuales [%] | Población con alcantarillado [miles] |
|---|---|---|---|
| Amazonas | EMUSAP Amazonas | 0.00% | 16 |
| Amazonas | EPSSMU S.R.Ltda. | 0.00% | 16 |
| Amazonas | EMAPAB S.R.LTDA. | 0.00% | 17 |
| Áncash | SEDACHIMBOTE S.A. | 59.55% | 291 |
| Áncash | EPS CHAVIN S.A. | 0.00% | 74 |
| Apurímac | EMUSAP ABANCAY S.A. | 0.00% | 38 |
| Apurímac | EMSAP CHANKA S.R.L. | 0.00% | 13 |
| Arequipa | SEDAPAR S.R.L. (Rioja) | 0.00% | - |
| Ayacucho | EPSASA | 97.44% | 121 |
| Cajamarca | SEDACAJ S.A. | 5.72% | 119 |
| Cajamarca | EPS MARAÑON S.R.L. | 97.65% | 25 |
| Cerro de Pasco | EMAPA Pasco S.A. | 0.00% | - |
| Cusco | SEDACUSCO S.A. | 85.07% | 280 |
| Cusco | EMAQ S.R.LTDA. | 0.00% | 13 |
| Cusco | EMPSSAPAL S.A. | 0.00% | 37 |
| Cusco | EMSAPA CALCA S.R.L. | 0.00% | 9 |
| Huancavelica | EMAPA HUANCAVELICA S.A.C | 0.00% | 21 |
| Huánuco | SEDA Huánuco S.A. | 0.00% | 131 |
| Ica | EMAPISCO S.A. | 92.73% | 60 |
| Ica | EMAPAVIGS S.A.C. | 85.88% | 26 |
| Ica | SEMAPACH S.A. | 100.00% | 96 |
| Ica | EMAPICA S.A. | 98.22% | 127 |
| Junín | EPS Selva Central S.A. | 25.01% | 48 |
| Junín | EPS SIERRA CENTRAL S.R.L. | 0.00% | 27 |
| Junín | EPS MANTARO S.A. | 7.42% | 40 |
| Junín | SEDAM HUANCAYO S.A.C. | 0.00% | 226 |
| Junín | EMSAPA YAULI S.RL.L. | 0.00% | 6 |
| La Libertad | SEDALIB S.A. | 92.76% | 560 |
| Lambayeque | EPSEL S.A. | 89.13% | 582 |
| Lima | EMAPA Cañete S.A. | 17.53% | 82 |
| Lima | EMAPA HUARAL S.A. | 0.00% | 48 |
| Lima | EMAPA HUACHO S.A. | 0.00% | 80 |
| Lima | SEDAPAL S.A. | 12.17% | 6,308 |
| Lima | SEMAPA BARRANCA S.A. | 0.00% | 56 |
| Loreto | EPS SEDALORETO S.A. | 0.00% | 221 |
| Madre de Dios | EMAPAT S.R.Ltda. | 0.00% | 18 |
| Moquegua | EPS MOQUEGUA S.A. | 81.97% | 38 |
| Moquegua | EPS ILO S.A. | 80.17% | 47 |
| Piura | EPS GRAU S.A. | 42.69% | 606 |
| Puno | EMSA Puno S.A. | 99.70% | 109 |
| Puno | EMAPA Y S.R.L. | 0.00% | 6 |
| Puno | EPS NOR PUNO S.A. | 0.00% | 15 |

| Región | Empresa Prestadora de Servicio | Tratamiento de aguas | Población con |
|---|---|---|---|
| Puno | SEDAJULIACA S.A. | 62.62% | 148 |
| Puno | EPS AGUAS DEL ALTIPLANO | 0.00% | 11 |
| San Martín | EMAPA San Martín S.A. | 3.79% | 133 |
| San Martín | EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA. | 31.80% | 35 |
| San Martín | SEDAPAR S.A. | 15.85% | 746 |
| Tacna | EPS TACNA S.A. | 95.22% | 215 |
| Tumbes | Aguas de Tumbes | 23.20% | 87 |
| Ucayali | EMAPACOP S.A. | 0.00% | 102 |

Fuente: SUNASS (correo enviado por Marissa Andrade)

c) Demanda biológica de oxígeno.- Esta variable es fundamental para la estimación de emisiones de metano de la fuente. Al no poseerse datos a nivel nacional se ha utilizado el valor correspondiente al Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, acápite 4.3.6. Este valor se encuentra en g/persona/día pero como se requiere en unidades de kg/1000 personas/día se ha realizado la respectiva conversión.

Tabla 178: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

| PAIS | DBO | | |
|---|---|---|---|
| | g/persona/día | Kg/persona/día | Kg/1000 personas/año |
| PERU | 50 | 0.05 | 18,250 |

Fuente: Elaboración propia en base a información del Reglamento Nacional de Edificaciones

#### 4.6.3.3. Variables y constantes

Para estimar las emisiones de las aguas residuales domésticas se requieren de distintas variables y factores de emisión. Al no disponerse de información nacional se usan los sugeridos por el IPCC, es decir valores por defecto.

Tabla 179: Otros factores de emisión usados para aguas residuales domésticas

| Factor | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Factor de conversión de metano* | 0.8 | |
| Capacidad máxima de producción de metano** | 0.6 | kg $CH_4$/kg DBO |

Fuente: * GL 2006, cuadro 6.8, página 6.23
** OBP 2000, página 5.18

### 4.6.4. Excretas humanas

#### 4.6.4.1. Elección del nivel de cálculo

El IPCC no contiene un árbol de decisiones para esta fuente pero si describe en sus GL1996 los modos de cálculo para determinar estas emisiones.

Ecuación 52: emisiones de $N_2O$ procedentes de las excretas humanas

$$Emisiones_{(N_2O)} = CPC_{Prot} \bullet Pob \bullet FracN_{Prot} \bullet FE_6$$

Dónde:

$Emisiones_{(N_2O)}$ = emisiones de óxido nitroso

| | |
|---|---|
| $CPC_{Prot}$ | = *consumo per cápita de proteínas* |
| *Pob* | = *población urbana* |
| $FracN_{Prot}$ | = *fracción de nitrógeno en la proteína* |
| $FE_6$ | = *factor de emisión del excremento producido* |

Fuente: Adecuada en base a indicaciones de los libros de trabajo del IPCC y GL1996, desperdicios, primera parte, página 6.25

### 4.6.4.2. Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad requerida y recopilada para el INGEI en la categoría excretas humana.

Tabla 180: Nivel de actividad requerido para excretas humanas

| Código | | | | Fuente de emisión | Nivel de actividad | Fuente de información | Calidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | | | **Desechos** | | | |
| | 6B | | | Tratamiento de aguas residuales | | | |
| | | 6B2 | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | | |
| | | | 6Bb | Excretas humanas | Población nacional | Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) | |

Leyenda de Calidad:
- No es posible asegurar la calidad de los datos: Han sido estimados solo para fines del INGEI, puesto que no está disponible la información. Por tanto, si se cambian los criterios de estimación, los resultados son susceptibles de cambio.
- Buena parte de la información es oficial, sin embargo, esta es estimada en base a estudios que necesitarían ser actualizados.
- La información se considera confiable: Es manejada por dos o más entidades y no hay diferencias significativas entre estas, o bien se considera RELEVANTE, puesto que sirve para la toma de decisiones en el sector

a) Población nacional.- Se requiere de este dato, para poder estimar la cantidad de nitrógeno en las excretas producidas. Tal como se señaló anteriormente, está información se ha obtenido del INEI, teniéndose para el año 2012 una población de 30'135,875 habitantes.

### 4.6.4.3. Variables y constantes

La variable requerida para estimar las emisiones de esta fuente son el consumo per-cápita de proteínas en el país, el cual fue obtenida del documento "Perfiles Nutricionales por Países - Perú", emitido por la FAO[61] en el año 2000.

Tabla 181: Variable considerada para excretas humanas

| Variable | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Porcentaje de proteínas | 67 | g/persona/día |

Fuente: Perfil de País: Indicadores de Seguridad Alimentaria - FAO

Los factores de emisión requeridos y utilizados, disponibles en las GL 1996 son los siguientes:

Tabla 182: Otros factores de emisión usados para excretas humanas

| Factor | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Fracción de nitrógeno en la proteína | 0.16 | Kg N/Kg proteína |

[61] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

| | | |
|---|---|---|
| Factor de emisión por excretas humanas | 0.01 | $kgCH_4/kgDBO$ |

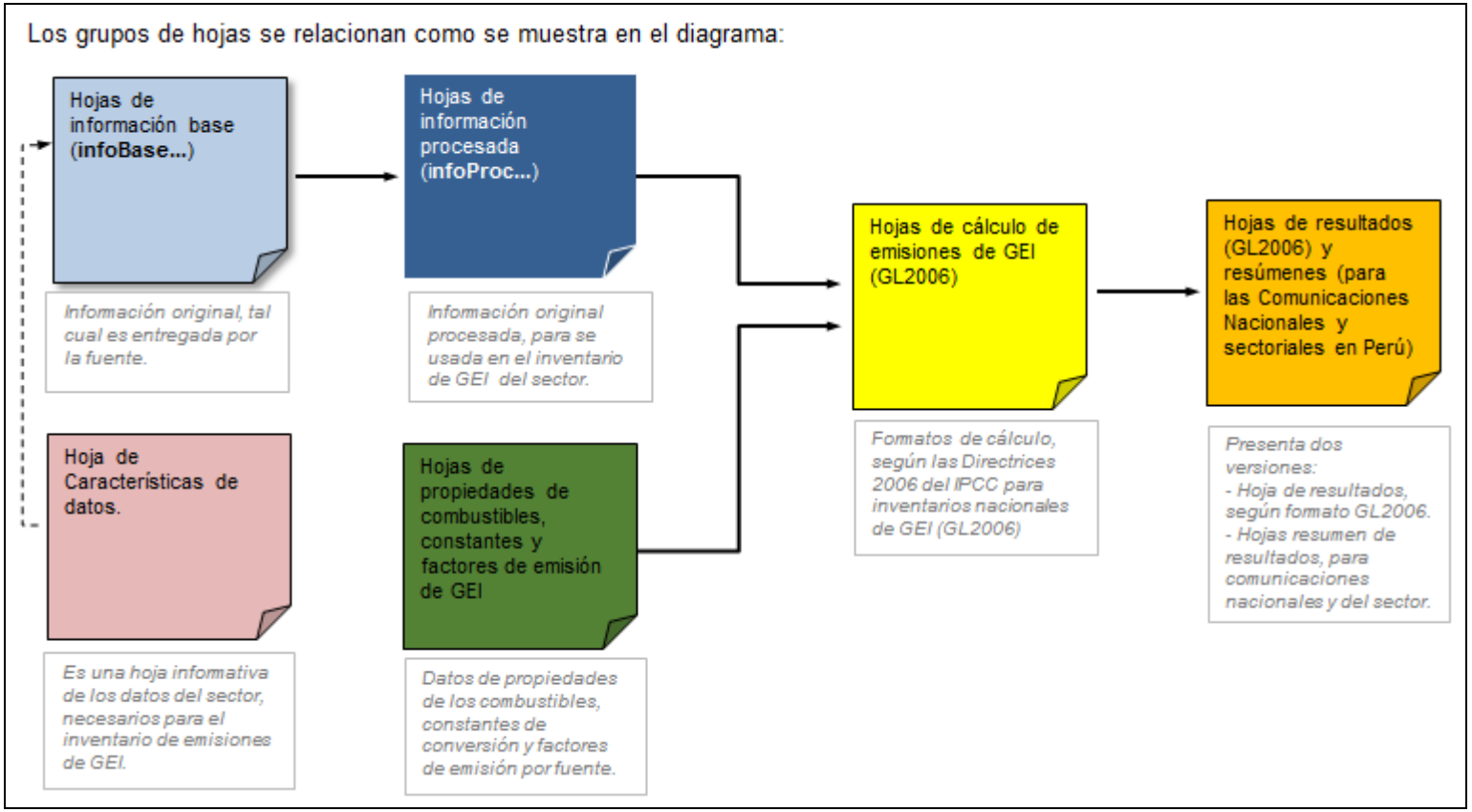
Fuente: GL1996, desechos, página 6.

## 5. LIBROS DE TRABAJO

A diferencia del material entregado en el desarrollo de otros INGEIs, donde sólo se presentó las hojas de trabajo (formato IPCC), ahora se ha desarrollado Libros de trabajo, con información ordenada y clara, para replicar el cálculo del INGEI en cada uno de los sectores IPCC. Todos los sectores vienen procesando información de nivel de actividad y factores de emisión, calculando y creando reportes en estos libros de trabajo. Esto permitirá usar los libros de trabajo para el desarrollo de otros INGEIs, considerando además la implementación del Infocarbono en un corto plazo.

En general, para todos los Libros de trabajo por sector, las hojas se agrupan en los siguientes colores, que indican su contenido y finalidad en el respectivo Libro.

Gráfica 69: Agrupación de hojas por color, indicando su contenido y finalidad en el Libro de trabajo




Fuente: Elaboración propia

En los siguientes párrafos describe las hojas, su contenido y finalidad en cada sector.

## 5.1. Energía

Para la ordenada recopilación y estimación de emisiones GEI del sub-sector Transporte se ha elaborado un archivo Excel al que se le ha denominado “Libro de trabajo”, este contiene una serie de hojas las cuales mostramos una breve descripción en la siguiente tabla:

Tabla 183: Libro de trabajo - sub-sector Transporte

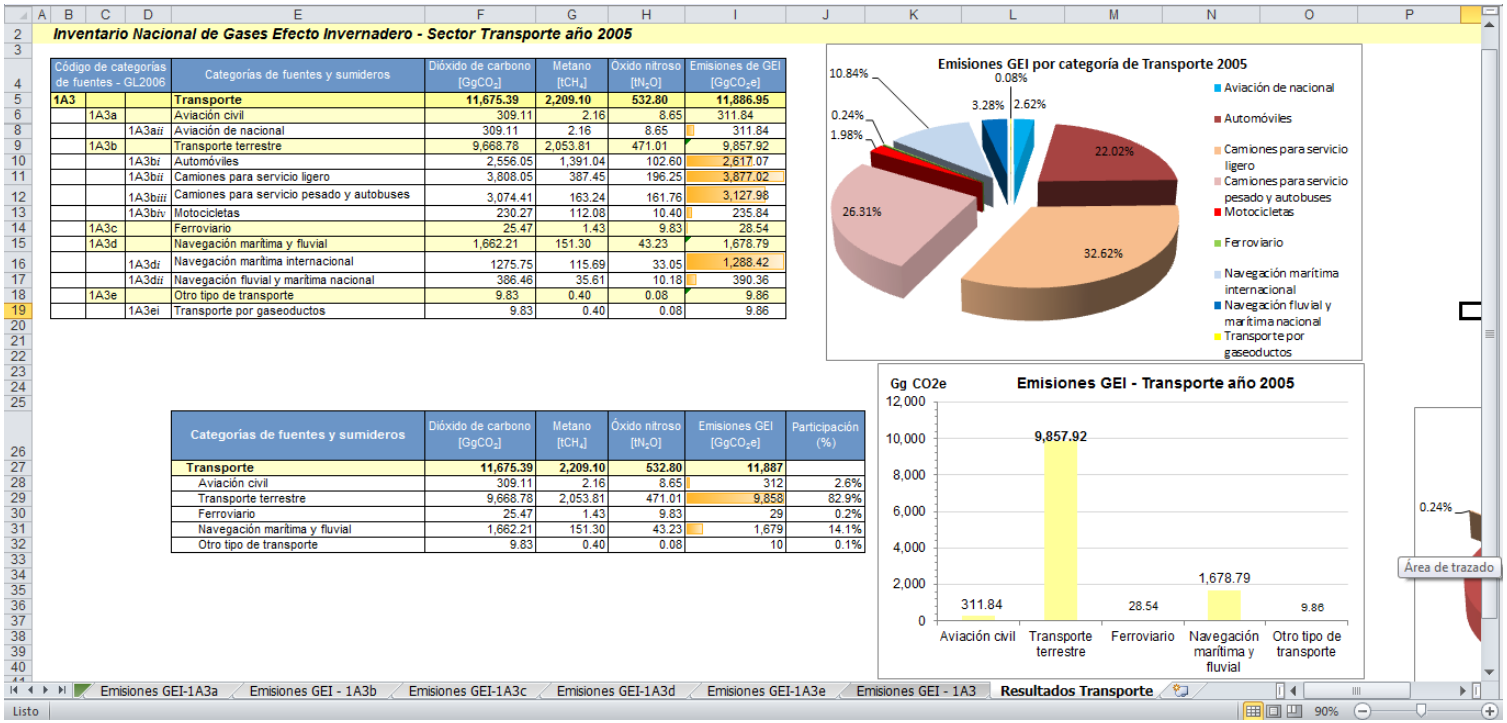
| Hoja de trabajo | Descripción del contenido y finalidad |
|---|---|
| Introducción | Breve reseña del sub-sector transporte, metodología y contenido del libro de trabajo |
| Caracterización | Breve descripción de la información de cada fuente a estimar de las emisiones GEI del sub-sector Transporte año 2005. |
| infoBase 1A3a | Esta hoja contiene la información de la categoría de Aviación civil, tal y como enviaron las empresas y/o instituciones relacionas al transporte de aviación. Contiene el número de vuelos aéreo comerciales a nivel nacional, consumo de combustible de los vuelos aéreo comerciales en LAN, Ratio de consumo de combustible en viajes especiales y número de aeronaves para el año 2005 |
| infoBase 1A3b | Esta hoja contiene la información de la categoría de Transporte terrestre, tal y como enviaron las empresas y/o instituciones relacionas al transporte terrestre. Contiene combustible vendido en grifos año 2005, combustible de GNV vendido a nivel nacional para transporte terrestre. |
| infoBase 1A3c | Esta hoja contiene la información de la categoría de Transporte ferroviario, tal y como enviaron las empresas y/o instituciones relacionas al transporte. Contiene combustible de la empresa Ferrocarril Central Andino e Inca Rail, Ratio de consumo de combustible en ferrocarril Huancayo – Huancavelica y Souther Perú y número de ferrocarriles para el año 2005. |
| infoBase 1A3d | Esta hoja contiene la información de la categoría de Transporte marítimo, fluvial y lacustre, tal y como enviaron las empresas y/o instituciones relacionas al transporte. Contiene combustible de transporte fluvial y parque acuático según vía, propiedad y tipo e nave. |
| infoBase 1A3e | Esta hoja contiene la información de la categoría de Otro tipo de transporte, tal y como envió la empresa de Aeropuertos del Perú (ADP). Contiene consumo de combustible de los equipos móviles en los aeropuertos del Perú.<br>Además se incluye información de transporte por gaseoductos. |
| infoProc 1A3a | Esta hoja contiene información del año 2005 de consumo de combustible de los vuelos aerocomerciales a nivel nacional en base a la composición brindada en la hoja infoBase 1A3a |
| infoProc 1A3b | Esta hoja contiene información del año 2005 del combustible vendido en los grifos y GNV en base a la composición brindada en la hoja infoBase 1A3b |

| Hoja de trabajo | Descripción del contenido y finalidad |
|---|---|
| infoProc 1A3c | Esta hoja contiene información del año 2005 de consumo de combustible de los ferroviarias Central Andina, Inca Rail, Huancayo-Huancavelica y Southern Perú a nivel nacional en base a la composición brindada en la hoja infoBase 1A3c |
| infoProc 1A3d | Esta hoja contiene información del año 2005 de consumo de combustible estimado para la naves marítimas y fluviales a nivel nacional en base a la composición brindada en la hoja infoBase 1A3d |
| infoProc 1A3e | Esta hoja contiene información del año 2005 de consumo de combustible estimado para los equipos móviles que la ADP ha brindado en la hoja infoBase 1A3e.<br>Además se incluye el consumo de combustible para transportar combustible por oleoductos. |
| Características de los combustibles | Describe los biocombustible que se comercializan en el Perú, tales como el Gasohol y diésel. |
| Propiedades y Factores de Conversión | Incluye unidades de conversión, densidades y VCN (Valor Calorífico Neto) de los combustibles a usar para el INGEI en cada categoría de Transporte. |
| FE GL 2006 1A3a | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de combustible en el sector de Aviación civil. |
| FE GL 2006 1A3b | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de combustible en el sector de Transporte terrestre y Otro tipo Transporte |
| FE GL 2006 1A3c | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de combustible en el sector de Transporte ferroviario |
| FE GL 2006 1A3d | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de combustible en el sector de transporte marítimo, fluvial y lacustre |
| Estimaciones GEI – 1A3a | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de combustible en aviación civil |
| Estimaciones GEI – 1A3b | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de combustible en transporte terrestre |
| Estimaciones GEI – 1A3c | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de combustible en transporte ferroviario |
| Estimaciones GEI – 1A3d | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de combustible en transporte marítimo, fluvial y lacustre. |
| Estimaciones GEI – 1A3e | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de combustible en equipos móviles de los aeropuertos y transporte por gaseoducto. |
| Resultado de Transporte | Resumen del resultado de las estimaciones GEI de las fuentes del sub-sector Transporte para el año 2005. |

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de Resultado de Transportes como se indica en la tabla anterior, muestra el resultado de las estimaciones de emisiones GEI del sub-sector de Transporte tal como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfica 70: Hoja de Resultados de Transporte



*Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero - Sector Transporte año 2005*

| Código de categorías de fuentes - GL2006 | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1A3** | | | **Transporte** | **11,675.39** | **2,209.10** | **532.80** | **11,886.95** |
| | 1A3a | | Aviación civil | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | 1A3a*ii* | Aviación de nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | 1A3b | | Transporte terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | 1A3b*i* | Automóviles | 2,556.05 | 1,391.04 | 102.60 | 2,617.07 |
| | | 1A3b*ii* | Camiones para servicio ligero | 3,808.05 | 387.45 | 196.25 | 3,877.02 |
| | | 1A3b*iii* | Camiones para servicio pesado y autobuses | 3,074.41 | 163.24 | 161.76 | 3,127.98 |
| | | 1A3b*iv* | Motocicletas | 230.27 | 112.08 | 10.40 | 235.84 |
| | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | 1A3d*i* | Navegación marítima internacional | 1275.75 | 115.69 | 33.05 | 1,288.42 |
| | | 1A3d*ii* | Navegación fluvial y marítima nacional | 386.46 | 35.61 | 10.18 | 390.36 |
| | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 9.86 |
| | 1A3ei | | Transporte por gaseoductos | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 9.86 |



| Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] | Participación (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Transporte** | **11,675.39** | **2,209.10** | **532.80** | **11,887** | |
| Aviación civil | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 312 | 2.6% |
| Transporte terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,858 | 82.9% |
| Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 29 | 0.2% |
| Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,679 | 14.1% |
| Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 10 | 0.1% |

## 5.2. Procesos industriales y uso de productos

Para la ordenada recopilación y estimación de emisiones GEI del sector PIUP se ha elaborado un archivo Excel al que se le ha denominado Libro de trabajo, este libro de trabajo contiene una serie de hojas las cuales mostramos una breve descripción en la siguiente tabla:

Tabla 184: Libro de trabajo – PIUP

| Hoja de trabajo | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Introducción | Breve reseña del sector PIUP, metodología y contenido del libro de trabajo |
| Caracterización | Breve descripción de la información de cada fuente a estimar las emisiones GEI del sector PIUP 2005 |
| infoBase 2A1 | Esta hoja contiene la información tal y como enviaron las empresas cementeras. Contiene la producción de cemento, tipo de cemento, porcentaje de clínker, producción del clínker y composición del clínker de los años 2000, 2005, 2010, 2012 |
| infoBase 2A2 | Esta hoja contiene la información de producción de cal recopilada del INEI 1995 - 2000, también contiene información de producción de otros productos. |
| infoBase 2A4d | Esta hoja contiene la información de producción de caliza y/o dolomita del año 2005 recopilada del INEI, también contiene información de producción de otros productos. |
| infoBase 2A5 | Esta hoja contiene la información de producción de carbonato de sodio de los años 2000-2010 recopilada de la Sociedad Nacional de Industrias, también contiene información de producción de otros productos. |
| infoBase 2B1 | Esta hoja contiene información de producción de amoníaco del año 2009 recopilada del INGEI 2009. |
| infoBase 2B5 | Esta hoja contiene información de producción de carburo del año 2009 recopilada del INGEI 2009. |
| infoBase 2C1 | Esta hoja contiene información de la producción de acero y hierro de los años 2000, 2005, 2010 y 2012, recopilada de las empresas productoras de acero y hierro. |
| infoBase 2C3 | Esta hoja contiene la información de producción de aluminio de los años 1995 - 2006, recopilada del INEI. |
| infoBase 2C5 | Esta hoja contiene la información de producción de plomo de los años 2000 - 2013, recopilada del INEI. |
| infoBase 2C6 | Esta hoja contiene la información de producción de cinc de los años 2000 - 2013, recopilada del INEI. |

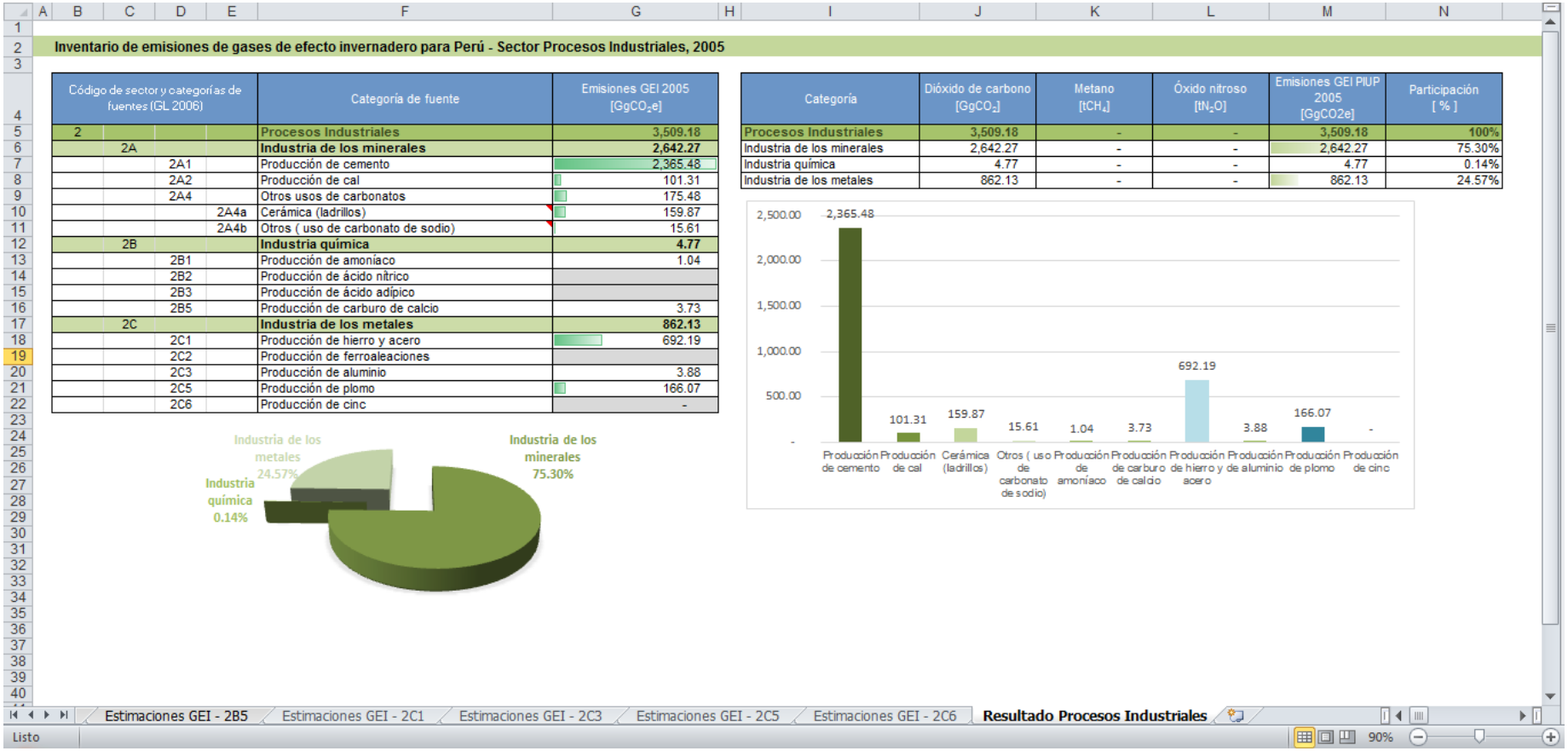
| Hoja de trabajo | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| infoProc 2A1 | Esta hoja contiene información (se ha resaltado del año 2005) de la producción de clínker por tipo, y la participación del carbonato de sodio en base a la composición brindada en la hoja infoBase 2A1. |
| infoProc 2A2 | Información solo de la producción de cal del año 2005, extraída de la hoja infoBase 2A2. |
| infoProc 2A4d | Información solo de la producción de caliza y dolomita del año 2005, extraída de la hoja infoBase 2A4d, donde se ha calculado el porcentaje de caliza utilizada en la producción de ladrillo. |
| infoProc 2A5 | Información de la producción de carbonato de sodio del año 2005, esta información se ha proyectado en base al promedio de 3 años anteriores, de acuerdo a la información de la hoja infoBase 2A5. |
| infoProc 2B1 | Información de la producción de amoníaco en base a la tendencia del VAB en el sector de construcción y a la información de producción de amoníaco de la hoja infoBase 2B1. |
| infoProc 2B5 | Información de la producción de carburo en base a la tendencia del VAB en el sector de construcción y a la información de producción de carburo de la hoja infoBase 2B5. |
| infoProc 2C1 | Información de producción de acero y hierro del año 2005 de acuerdo a la información de la hoja infoBase 2A1. |
| infoProc 2C3 | Información de la producción de aluminio del año 2005, esta información se ha proyectado en base al promedio de 4 años anteriores, de acuerdo a la información de la hoja infoBase 2C3. |
| infoProc 2C5 | Información de producción de plomo del año 2005 de acuerdo a la hoja infoBase 2C5. |
| infoProc 2C6 | No se ha registrado información en el año 2005. |
| FE GL 2006 2A1 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de cemento. |
| FE GL 2006 2A2 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de cal. |
| FE GL 2006 2A4d | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de caliza y/o dolomita. |
| FE GL 2006 2A5 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de carbonato de sodio. |

| Hoja de trabajo | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| FE GL 2006 2B1 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de amoníaco. |
| FE GL 2006 2B5 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de carburo. |
| FE GL 2006 2C1 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de acero y hierro. |
| FE GL 2006 2C3 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de aluminio. |
| FE GL 2006 2C5 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de plomo. |
| FE GL 2006 2C6 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la producción de cinc. |
| Estimaciones GEI - 2A1 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de cemento. |
| Estimaciones GEI - 2A2 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de cal. |
| Estimaciones GEI - 2A4d | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de caliza y/o dolomita. |
| Estimaciones GEI - 2A5 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de carbonato de sodio. |
| Estimaciones GEI - 2B1 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de amoníaco. |
| Estimaciones GEI - 2B5 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de carburo. |
| Estimaciones GEI - 2C1 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de acero y hierro. |
| Estimaciones GEI - 2C3 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de aluminio. |
| Estimaciones GEI - 2C5 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de plomo. |
| Estimaciones GEI - 2C6 | Cálculo de las emisiones GEI por la producción de cinc. |
| Resultado Procesos Industriales | Resumen del resultado de las estimaciones GEI de las fuentes del sector PIUP 2005. |

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de Resultado de Procesos Industriales como indica la tabla anterior muestra el resultado de las estimaciones de emisiones GEI en el sector PIUP, como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico *71:* Hoja de Resultado Procesos Industriales del libro de trabajo



**Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para Perú - Sector Procesos Industriales, 2005**

| Código de sector y categorías de fuentes (GL 2006) | | | | Categoría de fuente | Emisiones GEI 2005 [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | | | **Procesos Industriales** | **3,509.18** |
| | 2A | | | **Industria de los minerales** | **2,642.27** |
| | | 2A1 | | Producción de cemento | 2,365.48 |
| | | 2A2 | | Producción de cal | 101.31 |
| | | 2A4 | | Otros usos de carbonatos | 175.48 |
| | | | 2A4a | Cerámica (ladrillos) | 159.87 |
| | | | 2A4b | Otros ( uso de carbonato de sodio) | 15.61 |
| | 2B | | | **Industria química** | **4.77** |
| | | 2B1 | | Producción de amoníaco | 1.04 |
| | | 2B2 | | Producción de ácido nítrico | |
| | | 2B3 | | Producción de ácido adípico | |
| | | 2B5 | | Producción de carburo de calcio | 3.73 |
| | 2C | | | **Industria de los metales** | **862.13** |
| | | 2C1 | | Producción de hierro y acero | 692.19 |
| | | 2C2 | | Producción de ferroaleaciones | |
| | | 2C3 | | Producción de aluminio | 3.88 |
| | | 2C5 | | Producción de plomo | 166.07 |
| | | 2C6 | | Producción de cinc | - |

| Categoría | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones GEI PIUP 2005 [GgCO2e] | Participación [ % ] |
|---|---|---|---|---|---|
| **Procesos Industriales** | **3,509.18** | - | - | **3,509.18** | **100%** |
| Industria de los minerales | 2,642.27 | - | - | 2,642.27 | 75.30% |
| Industria química | 4.77 | - | - | 4.77 | 0.14% |
| Industria de los metales | 862.13 | - | - | 862.13 | 24.57% |







Fuente: Elaboración propia

## 5.3. Agricultura

Para mayor entendimiento del proceso de elaboración del inventario nacional de GEI del sector agricultura se ha elaborado un libro de trabajo el cual posee diversos tipos de hojas que explican de forma práctica y didáctica como realizar las estimaciones de GEI. Una breve explicación de las distintas hojas contenidas en este libro se detalla en la tabla.

Tabla 185: Libro de trabajo – Agricultura

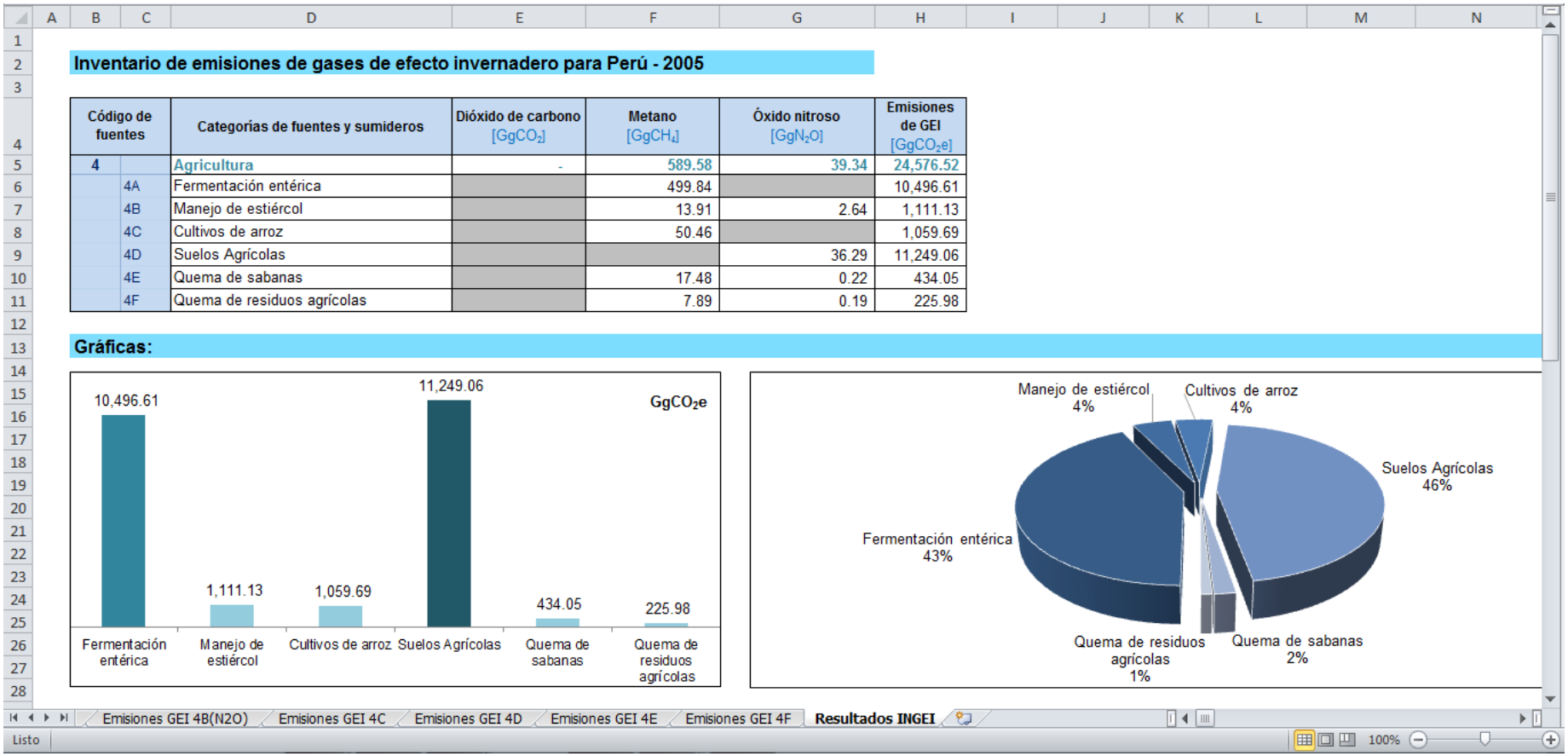
| Hoja de trabajo | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Introducción | Breve reseña del sector agricultura, metodología y contenido del libro de trabajo |
| Caracterización | Breve descripción de los niveles de actividad requeridos por fuente para estimar las emisiones GEI del sector agricultura |
| infoBase 4A | Esta hoja contiene la información tal cual envío el MINAGRI sobre la población del ganado y la producción de leche del ganado vacuno. Además contiene información adicional del ganado extraída del INEI. Además contiene la información de la población de vacas en ordeño (lecheras) y de producción de leche. |
| infoBase 4B | Esta hoja contiene la información de la temperatura promedio anual según cada departamento del Perú la cual se obtuvo de la web del INEI. |
| infoBase 4C | Esta hoja contiene la información de la superficie de arroz cosechada a nivel nacional la cual fue proveída por el MINAGRI |
| infoBase 4D | Esta hoja contiene información de la producción de los principales a nivel nacional y según región pero separada en 2: cultivos fijadores del nitrógeno y cultivos no fijadores del nitrógeno. |
| infoBase 4E | Esta hoja contiene la información de las superficies de pastos naturales a nivel nacional. |
| infoBase 4F | Esta hoja contiene información de la producción de los principales cultivos a nivel nacional según región. |
| infoProc 4A y 4B | Esta hoja contiene información sistematizada, para fines de facilitar el cálculo, de la población nacional del ganado según tipo, la población del ganado vacuno lechero según región, la producción diaria de leche del ganado vacuno y la categorización de los departamentos del Perú según las regiones climáticas del IPCC. |
| infoProc 4C | Esta hoja contiene información sistematizada, para fines de facilitar el cálculo, de la superficie total nacional cosechada de arroz según el régimen de manejo del agua. |
| infoProc 4D | Esta hoja contiene información sistematizada, para fines de facilitar el cálculo, de la producción total anual de los principales cultivos así como la cantidad total de nitrógeno vertido a los suelos precedente de los fertilizantes. |
| infoProc 4F | Esta hoja contiene información sistematizada, para fines de facilitar el cálculo, de la producción total anual de los principales cultivos. |

| Hoja de trabajo | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Prop. y Fact. de conversión | Esta hoja contiene diversos datos que son propiedades o características propias del sector pecuario y agrícola y que son de utilidad para el desarrollo de las estimaciones. |
| FE 4A | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la fermentación entérica. |
| FE 4B | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por el manejo de estiércol. |
| FE 4C | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por los cultivos de arroz. |
| FE 4D | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por los suelos agrícolas. |
| FE 4E | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de sabanas. |
| FE 4F | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por la quema de residuos agrícolas. |
| Emisiones GEI – 4A y 4B ($CH_4$) | Cálculo de las emisiones GEI por la fermentación entérica y manejo de estiércol ($CH_4$). |
| Emisiones GEI – 4B ($N_2O$) | Cálculo de las emisiones GEI por el manejo de estiércol ($N_2O$). |
| Emisiones GEI – 4C | Cálculo de las emisiones GEI por los cultivos de arroz |
| Emisiones GEI – 4D | Cálculo de las emisiones GEI por los suelos agrícolas |
| Emisiones GEI – 4E | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de sabanas |
| Emisiones GEI – 4F | Cálculo de las emisiones GEI por la quema de residuos agrícolas |
| Resultados INGEI | Resumen del resultado de las estimaciones de GEI de las fuentes del sector agricultura 2012. |

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de resultados, tal como se indica en la tabla anterior, se detallan los resultados finales del sector según categorías y gases, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 72: Emisiones de GEI para Agricultura según fuente – año 2005



**Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para Perú - 2005**

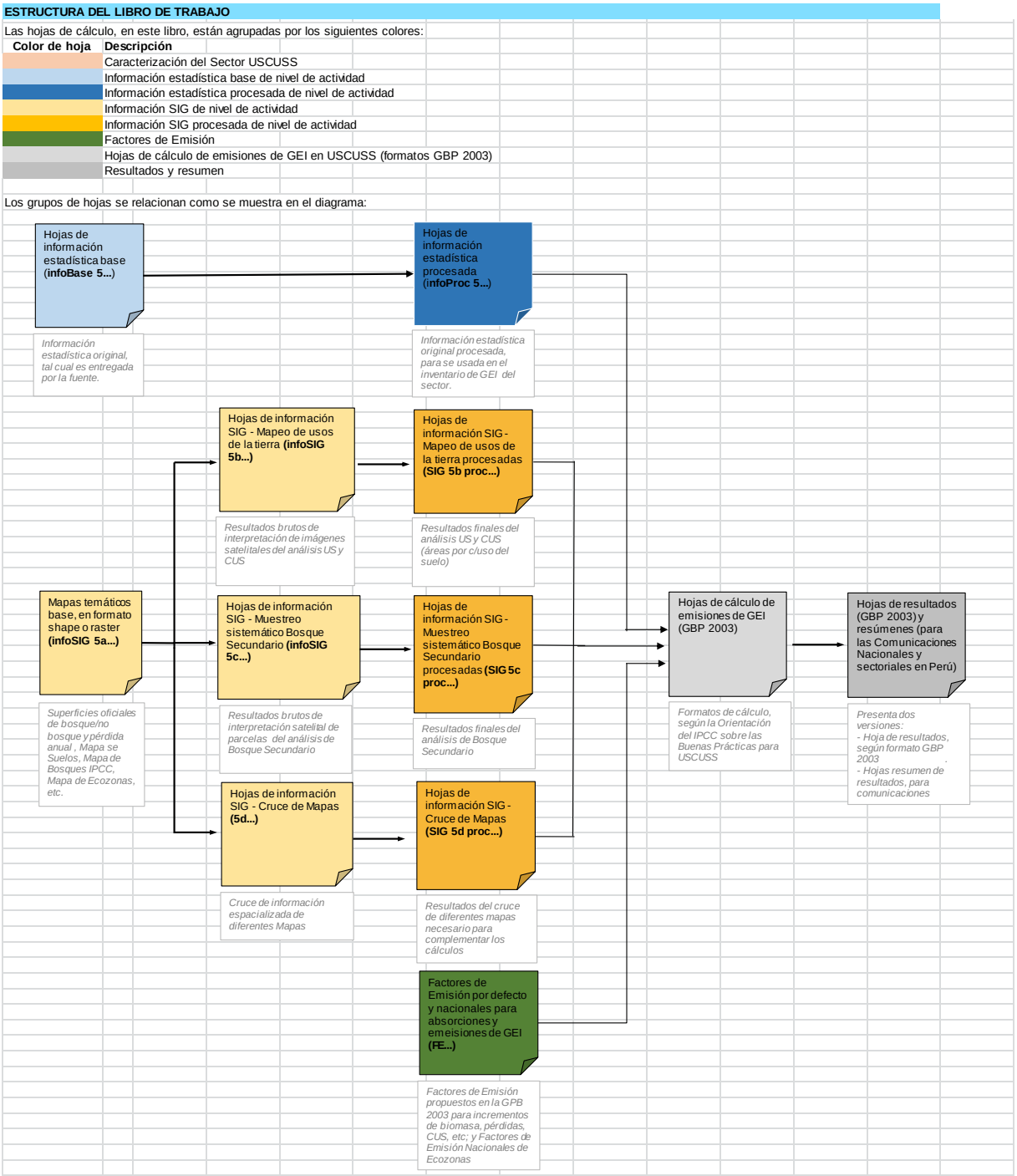
| Código de fuentes | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$GgCH_4$] | Óxido nitroso [$GgN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | | Agricultura | - | 589.58 | 39.34 | 24,576.52 |
| | 4A | Fermentación entérica | | 499.84 | | 10,496.61 |
| | 4B | Manejo de estiércol | | 13.91 | 2.64 | 1,111.13 |
| | 4C | Cultivos de arroz | | 50.46 | | 1,059.69 |
| | 4D | Suelos Agrícolas | | | 36.29 | 11,249.06 |
| | 4E | Quema de sabanas | | 17.48 | 0.22 | 434.05 |
| | 4F | Quema de residuos agrícolas | | 7.89 | 0.19 | 225.98 |

**Gráficas:**

## 5.4. USCUSS

En el caso de USCUSS, el formato del Libro de Trabajo varía en relación a los demás sectores. La organización del libro de trabajo en este caso sería:

**Grafico 1: Estructura del Libro de Trabajo**




Una breve explicación de las distintas hojas contenidas en este libro se detalla en la tabla.

Tabla 186: Libro de trabajo del sector USCUSS

| LIBRO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Introducción | Breve reseña del sector USCUSS, metodología y contenido del libro de trabajo |
| Caracterización | Breve descripción de los datos de actividad requeridos por categoría de uso de la tierra, su fuente de información y observaciones |
| infoBase 5-1 | Hoja con información de madera rolliza extraída y consumo estimado de leña por departamento, obtenida de Perú Forestal en Números 2005 (DGFFS). |
| infoBase 5-2 | Hoja con información de superficies reforestadas, anual y acumulada, obtenida de Perú Forestal en Números 2005 (DGFFS). |
| infoBase 5-3 | Hoja con información de superficies instaladas de cultivos perennes, obtenida del Anuario de Producción Hortofrutícola 2005 (OEEE). |
| infoBase 5-4 | Esta hoja contiene la información de superficies afectadas por incendios forestales en el año del inventario, reportados por INDECI. |
| infoSIG 5ª | Hoja con información de superficies de Bosque y No Bosque anuales y acumulados, totales y por Ecozona, provistos por el PNCB de su análisis de pérdida de bosque 2000-2013 |
| infoSIG 5b | Hoja con los resultados del mapeo de cambio de uso del suelo en el año 2005, de Bosque a TA, P, A y OT. |
| infoSIG 5c | Hoja con los resultados del muestreo de Bosque Secundario Acumulado al 2005 |
| InfoSIG 5d-1 | Hoja con resultados de homologación del mapa de tipos de bosques IPCC y el Mapa de Ecozonas. |
| InfoSIG 5d-2 | Hoja con áreas de pérdida anual categorizados por tipo de suelo |
| infoProc 5-1 | Hoja con información procesada de madera extraída, incluye cálculo de Densidad Básica de la Madera para el año 2005. |
| infoProc 5-2 | Hoja con superficie final de plantaciones forestales que entran al cálculo de crecimiento de biomasa, incluye supuesto de permanencia de plantación |
| infoProc 5-3 | Hoja con información procesada de Incendios Forestales, usando información de INDECI y Ecozonas. |
| SIG 5b proc | Hoja con superficies procesadas de pérdida de bosque por Ecozonas y por uso final del suelo |
| SIG 5c proc | Hoja con superficies procesadas de Bosque Secundario Acumulado al 2005 por Ecozonas |
| SIG 5d-1 proc | Hoja con la equivalencia entre Tipos de Bosque IPCC y las Ecozonas |
| SIG 5d-2 proc | Hoja con resultados de pérdida anual, categorizada por tipo de suelo. |
| FE 5ª | Factores de emisión a utilizar para incrementos de Biomasa |
| FE 5b | Factores de emisión a utilizar para pérdidas de Biomasa y suelo |
| Consideraciones | Cuadro con las consideraciones generales de cálculo |
| TF-1A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva de en TFTF |
| TF 2A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva de en TTF |
| TA-1A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva de en TATA (Cultivos Perennes) |
| TA-2A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva de en TFTA |
| TA-2c1 | Cálculo de cambio anual del stock de carbono en suelos minerales en TFTA |
| TA-2c2 | Cálculo de cambio anual del stock de carbono en suelos orgánicos en TFTA |
| P-2 A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva por conversión TFP |
| P-2c1 | Cálculo de cambio anual del stock de carbono en suelos minerales en TFP |
| A-2 A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva por conversión TFA |
| OT-2 A | Cálculo de cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva por conversión TFOT |
| FL-1d | Cálculo de emisión de gases diferentes al $CO_2$ por quemas de vegetación en TFTF, TFTA y TFP |
| Resultados USCUSS 2005 | Resumen del resultado de las estimaciones de GEI de las fuentes del sector USCUSS 2005 |

Fuente: A2G Climate Partners

## 5.5. Desechos

La organización del libro de trabajo para Desechos se resume en la siguiente tabla:

Tabla 187: Libro de trabajo de Desechos

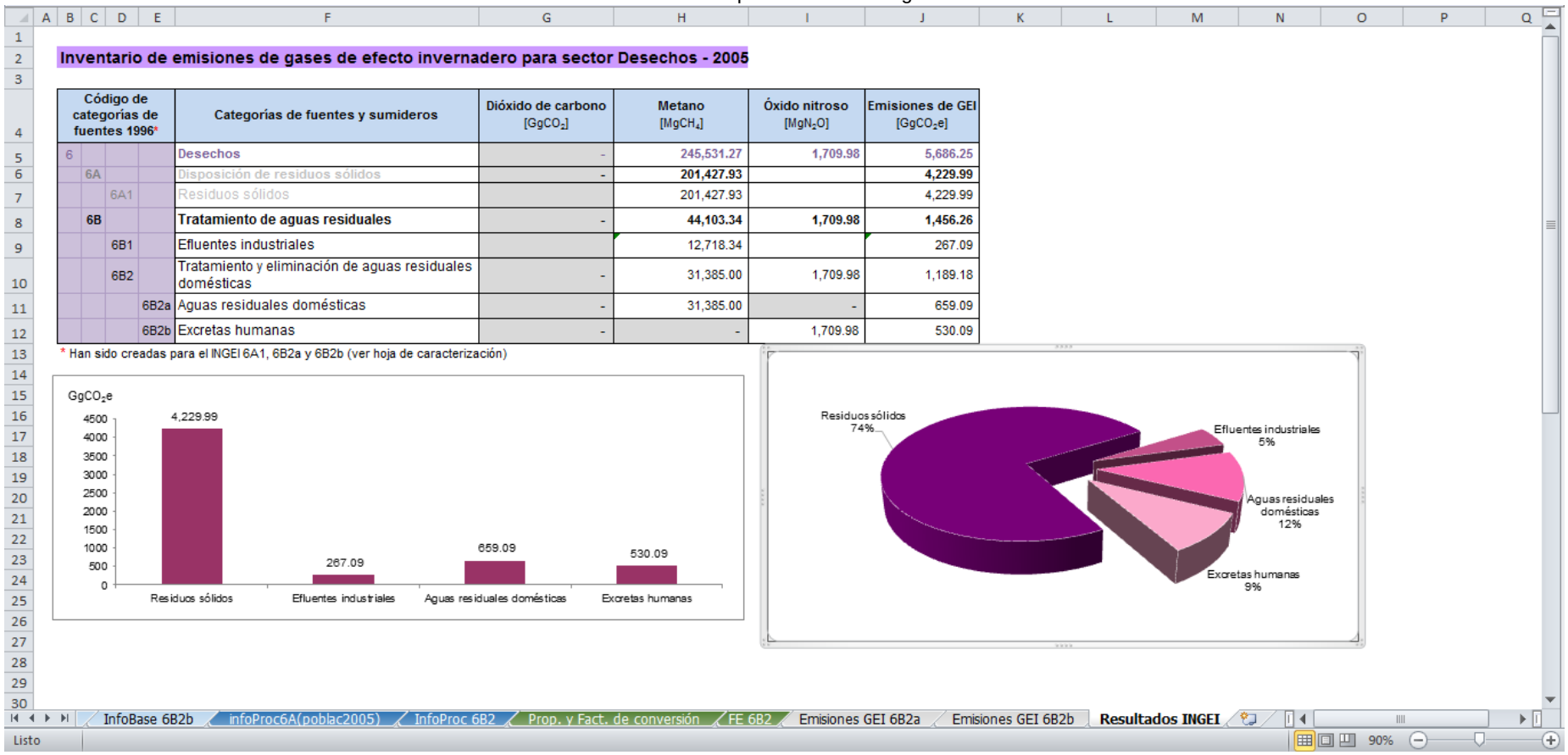
| LIBRO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Introducción | Breve reseña del sector desechos, metodología y contenido del libro de trabajo. |
| Caracterización | Breve descripción de los niveles de actividad requeridos por fuente para estimar las emisiones GEI del sector agricultura. |
| infoBase 6A (Censo 2007 | Esta hoja contiene los datos sobre la población nacional según región, provincias y distritos dividido en población en zonas urbanas y rurales. La información pertenece al año 2007. |
| infoBase 6A (poblac 2012) | Esta hoja contiene datos de la población nacional al año 2005 según región, provincias y distritos. Esta información es utilizada para la fuente: Residuos sólidos (6A) y Aguas residuales domésticas (6B2). |
| infoBase 6A(GPC) | Esta hoja contiene los datos oficiales de generación per cápita de residuos sólidos. |
| infoBase 6A(Caracterización) | Esta hoja contiene los datos de la composición de los residuos sólidos en 216 distritos del Perú (información disponible). |
| infoBase 6B1 | Esta hoja contiene los datos de producción en peso para los productos considerados en la fuente de efluentes industriales. |
| infoBase 6B2a | Esta hoja contiene el dato de la fracción del total de aguas residuales domésticas tratadas a nivel nacional. |
| infoBase 6B2b | Esta hoja contiene el dato de la ingesta de proteínas diarias. |
| infoProc6A (Censo 2007) | Hoja que incluye el ubigeo de cada distrito y determina la participación por distrito de la población urbana. |
| infoProc6A (poblac 2012) | Hoja que estima la población urbana del año 2005 en base a las participaciones determinadas en la hoja anterior - infoProc6A (Censo 2007). |
| infoProc6A(Caracterización) | Hoja que adiciona la población y el ubigeo de cada distrito a la información básica correspondiente - infoBase 6A(Caracterización). |
| infoProc(GPCprevio y COD) | Hoja que determina el COD para cada distrito y completa la GPC para cada distrito a nivel nacional en base a una macro. |

| LIBRO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| infoProc(GPCfinal) | Hoja que determina el valor final utilizado para la GPC según su fuente oficial y complementada por aquellas obtenidas a través de la macro. |
| infoProc(FCM) | Hoja que determina, en base a la población de cada distrito, las características de sus botaderos y por ende el factor de corrección de metano (FCM). Se identificaron además a los distritos que poseen rellenos sanitarios a los que se les adjudico su respectivo valor de FCM. |
| InfoProc 6B1 | Hoja que contiene, en una misma unidad de medición, la cantidad producida de los productos requeridos en el inventario. |
| InfoProc 6B2 | Hoja que contiene, en una misma unidad de medición, la población nacional según regiones. |
| Prop. y Fact. de conversión | Esta hoja contiene diversos datos que son propiedades o características propias del sector desechos y que son de utilidad para el desarrollo de las estimaciones. |
| FE 6A | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por residuos sólidos |
| FE 6B1 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por efluentes industriales |
| FE 6B2 | Factores de emisión a utilizar en las estimaciones de emisiones GEI por aguas residuales domésticas y excretas humanas |
| Emisiones GEI 6A | Cálculo de las emisiones GEI por residuos sólidos ($CH_4$). |
| Emisiones GEI 6B1 | Cálculo de las emisiones GEI por efluentes industriales ($CH_4$). |
| Emisiones GEI 6B2a | Cálculo de las emisiones GEI por aguas residuales domésticas ($CH_4$). |
| Emisiones GEI 6B2b | Cálculo de las emisiones GEI por excretas humanas ($N_2O$). |
| Resultados INGEI | Resumen del resultado de las estimaciones de GEI de las fuentes del sector desechos 2012. |

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de resultados, tal como se indica en la tabla anterior, se detallan los resultados finales del sector según categorías y gases, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 73: Emisiones de GEI para Desechos según fuente – año 2005



**Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para sector Desechos - 2005**

| Código de categorías de fuentes 1996* | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Desechos | - | 245,531.27 | 1,709.98 | 5,686.25 |
| 6A | Disposición de residuos sólidos | - | **201,427.93** | | **4,229.99** |
| 6A1 | Residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| **6B** | **Tratamiento de aguas residuales** | - | **44,103.34** | **1,709.98** | **1,456.26** |
| 6B1 | Efluentes industriales | | 12,718.34 | | 267.09 |
| 6B2 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | - | 31,385.00 | 1,709.98 | 1,189.18 |
| 6B2a | Aguas residuales domésticas | - | 31,385.00 | - | 659.09 |
| 6B2b | Excretas humanas | - | - | 1,709.98 | 530.09 |

* Han sido creadas para el INGEI 6A1, 6B2a y 6B2b (ver hoja de caracterización)







Fuente: Elaboración propia

## 6. RESULTADOS INGEI 2005

En la siguiente tabla se presentan los resultados del INGEI 2005, luego en los capítulos siguientes se detallan los resultados por sector.

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2005** | | | | | | **145,556.23** | **1,220,605.72** | **44,263.44** | **184,910.61** |
| **1** | | | | | **Energía** | **26,212.30** | **175,729.04** | **649.59** | **30,103.98** |
| | 1A | | | | Quema de combustibles | 26,035.44 | 3,219.71 | 649.58 | 26,304.42 |
| | | **1A1** | | | **Industrias de energía** | **3,425.02** | **194.74** | **25.63** | **3,437.05** |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad como actividad principal | 2,823.98 | 59.58 | 7.60 | 2,827.59 |
| | | | | 1A1a*i* [*1] | Generación de electricidad en el SEIN | 2,718.93 | 55.30 | 6.74 | 2,722.18 |
| | | | | 1A1a*ii* [*2] | Generación de electricidad en el SA | 105.05 | 4.28 | 0.86 | 105.41 |
| | | | 1A1b | | Refinerías de petróleo | 137.00 | 2.58 | 0.28 | 137.14 |
| | | | 1A1c | | Producción de combustibles y otras industrias de energía | 464.04 | 132.58 | 17.75 | 472.32 |
| | | **1A2** | | | Industrias de manufactura y construcción | **7,607.36** | **424.77** | **71.92** | **7,638.57** |
| | | | 1A2a [*3] | | Minería y cantería | 1,951.86 | 99.22 | 17.78 | 1,959.46 |
| | | | 1A2b [*4] | | Otras industrias de manufactura y construcción | 5,655.50 | 325.55 | 54.13 | 5,679.11 |
| | | **1A3** | | | Transporte | **11,675.39** | **2,209.11** | **532.81** | **11,886.95** |
| | | | 1A3a | | Aviación | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | | 1A3a*i* | Aviación internacional | | | | |
| | | | | 1A3a*ii* | Aviación nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | 1A3b | | Terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.41 | 0.09 | 9.87 |
| | | **1A4** | | | **Otros sectores** | **3,327.67** | **391.10** | **19.23** | **3,341.84** |
| | | | 1A4a | | Público [*5] | 621.78 | 87.76 | 5.26 | 625.25 |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial [*6] | 1,642.82 | 165.88 | 5.49 | 1,648.00 |
| | | | 1A4c | | Agricultura [*7] | 105.24 | 9.23 | 0.87 | 105.71 |
| | | | 1A4d | | Pesquería [*8] | 957.84 | 128.23 | 7.61 | 962.89 |

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1B | | | | Emisiones fugitivas de combustibles | 176.86 | 172,509.33 | 0.00 | 3,799.56 |
| | | 1B1 | | | Combustibles sólidos | 2.15 | 786.51 | | 18.67 |
| | | 1B2 | | | Petróleo y gas natural | 174.71 | 171,722.82 | 0.00 | 3,780.89 |
| 2 | | | | | Procesos Industriales y uso de productos | 3,509.18 | - | - | 3,509.18 |
| | 2A | | | | Productos minerales | 2,642.27 | | | 2,642.27 |
| | | 2A1 | | | Producción de cemento | 2,365.48 | | | 2,365.48 |
| | | 2A2 | | | Producción de cal | 101.31 | | | 101.31 |
| | | 2A4 | | | Otros usos de carbonatos | 175.48 | | | 175.48 |
| | | | 2A4a | | Cerámicas (ladrillos) | 159.87 | | | 159.87 |
| | | | 2A4b | | Otros usos de ceniza de sosa | 15.61 | | | 15.61 |
| | 2B | | | | Industria química | 4.77 | | | 4.77 |
| | | 2B1 | | | Producción de amoniaco | 1.04 | | | 1.04 |
| | | 2B2 | | | Producción de ácido nítrico | - | | | - |
| | | 2B3 | | | Producción de ácido adípico | - | | | - |
| | | 2B4 | | | Producción de carburo de calcio | 3.73 | | | 3.73 |
| | 2C | | | | Producción de metal | 862.13 | | | 862.13 |
| | | 2C1 | | | Producción de hierro y acero | 692.19 | | | 692.19 |
| | | 2C2 | | | Producción de ferroaleaciones | - | | | - |
| | | 2C3 | | | Producción de aluminio | 3.88 | | | 3.88 |
| | | 2C5 | | | Producción de Plomo | 166.07 | | | 166.07 |
| | | 2C6 | | | Producción de Zinc | - | | | - |
| 4 | | | | | Agricultura | - | 589,576.61 | 39,340.03 | 24,576.52 |
| | 4A | | | | Fermentación entérica | | 499,838.45 | - | 10,496.61 |
| | 4B | | | | Manejo del estiércol | | 13,906.79 | 2,642.20 | 1,111.13 |
| | 4C | | | | Cultivos de arroz | | 50,461.50 | - | 1,059.69 |
| | 4D | | | | Suelos agrícolas | | - | 36,287.30 | 11,249.06 |
| | 4E | | | | Quema de sabanas (pastos) | | 17,476.61 | 216.27 | 434.05 |
| | 4F | | | | Quema de residuos agrícolas | | 7,893.26 | 194.25 | 225.98 |
| 5 | | | | | Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura | 115,834.75 | 209,768.80 | 2,563.84 | 121,034.69 |
| | 5A | | | | Cambios en biomasa y otros stocks leñosos | 51,919.78 | - | - | 51,919.78 |
| | | 5A1* | | | Pérdidas (tala, leña e incendios - bosques primarios) | 54,502.58 | - | - | 54,502.58 |
| | | 5A2* | | | Incremento de biomasa | - 2,498.87 | - | - | - 2,498.87 |

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5A3* | | | Cultivos Perennes | - 83.93 | - | - | - 83.93 |
| | 5B | | | | Conversión de Bosques y Praderas | 75,911.12 | - | - | 75,911.12 |
| | | 5B1* | | | Tierra Forestal a Tierras Agrícolas | 74,401.20 | - | - | 74,401.20 |
| | | 5B2* | | | Tierra Forestal a Praderas | 1,276.65 | - | - | 1,276.65 |
| | | 5B3* | | | Tierra Forestal a Asentamientos | 24.56 | - | - | 24.56 |
| | | 5B4* | | | Tierra Forestal a otros | 208.71 | - | - | 208.71 |
| | 5C | | | | Abandono de tierras cultivadas | - 12,342.55 | - | - | - 12,342.55 |
| | 5D | | | | Emisiones y absorciones en el suelo | 346.40 | - | - | 346.40 |
| | 5E | | | | Otros (gases no CO2) | - | 209,768.80 | 2,563.84 | 5,199.94 |
| 6 | | | | | **Desechos** | **-** | **245,531.27** | **1,709.98** | **5,686.25** |
| | 6A | | | | Disposición de residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | | 6A1 | | | Residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | 6B | | | | Tratamiento de aguas residuales | | 44,103.34 | 1,709.98 | 1,456.26 |
| | | 6B1 | | | Efluentes industriales | | 12,718.34 | | 267.09 |
| | | 6B2 | | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | 1,709.98 | 1,189.18 |
| | | | 6B2a | | Aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | | 659.09 |
| | | | 6Bb | | Excretas humanas | | | 1,709.98 | 530.09 |

Fuente: Elaboración propia

## 6.1. Energía

El sector Energía, para el año 2005, reportó 30,103.98 $GgCO_2e$ para el año 2005. Este sector - con un 16.28% del total - es el segundo con mayores emisiones de GEI reportadas en el INGEI 2005. Es importante resaltar que para fines del reporte, las fuentes en el sector se han agrupado en: fuentes estacionarias y fuentes móviles (denominada como: categoría transporte, que demás incluye la energía consumida para el transporte de combustibles). En la siguiente tabla se presentan las emisiones totales de GEI para el sector de Energía (incluyendo transporte).

Tabla 188: Emisiones GEI en el sector Energía – INGEI 2005

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | | | | | **Energía** | **26,212.30** | **175,729.04** | **649.59** | **30,103.98** |
| | 1A | | | | **Quema de combustibles** | **26,035.44** | **3,219.71** | **649.58** | **26,304.42** |
| | | **1A1** | | | **Industrias de energía** | **3,425.02** | **194.74** | **25.63** | **3,437.05** |
| | | | 1A1a | | Producción de electricidad como actividad principal | 2,823.98 | 59.58 | 7.60 | 2,827.59 |
| | | | | 1A1a*i* [*1] | Generación de electricidad en el SEIN | 2,718.93 | 55.30 | 6.74 | 2,722.18 |
| | | | | 1A1a*ii* [*2] | Generación de electricidad en el SA | 105.05 | 4.28 | 0.86 | 105.41 |
| | | | 1A1b | | Refinerías de petróleo | 137.00 | 2.58 | 0.28 | 137.14 |
| | | | 1A1c | | Producción de combustibles y otras industrias de energía | 464.04 | 132.58 | 17.75 | 472.32 |
| | | **1A2** | | | Industrias de manufactura y construcción | **7,607.36** | **424.77** | **71.92** | **7,638.57** |
| | | | 1A2a [*3] | | Minería y cantería | 1,951.86 | 99.22 | 17.78 | 1,959.46 |
| | | | 1A2b [*4] | | Otras industrias de manufactura y construcción | 5,655.50 | 325.55 | 54.13 | 5,679.11 |
| | | **1A3** | | | Transporte | **11,675.39** | **2,209.11** | **532.81** | **11,886.95** |
| | | | 1A3a | | Aviación | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | | 1A3a*i* | Aviación internacional | | | | |
| | | | | 1A3a*ii* | Aviación nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | | 1A3b | | Terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | | | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678.79 |
| | | | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.41 | 0.09 | 9.87 |
| | | **1A4** | | | **Otros sectores** | **3,327.67** | **391.10** | **19.23** | **3,341.84** |
| | | | 1A4a | | Público [*5] | 621.78 | 87.76 | 5.26 | 625.25 |
| | | | 1A4b | | Residencial / Comercial [*6] | 1,642.82 | 165.88 | 5.49 | 1,648.00 |
| | | | 1A4c | | Agricultura [*7] | 105.24 | 9.23 | 0.87 | 105.71 |
| | | | 1A4d | | Pesquería [*8] | 957.84 | 128.23 | 7.61 | 962.89 |
| | 1B | | | | **Emisiones fugitivas de combustibles** | **176.86** | **172,509.33** | **0.00** | **3,799.56** |
| | | **1B1** | | | **Combustibles sólidos** | **2.15** | **786.51** | | **18.67** |
| | | **1B2** | | | **Petróleo y gas natural** | **174.71** | **171,722.82** | **0.00** | **3,780.89** |

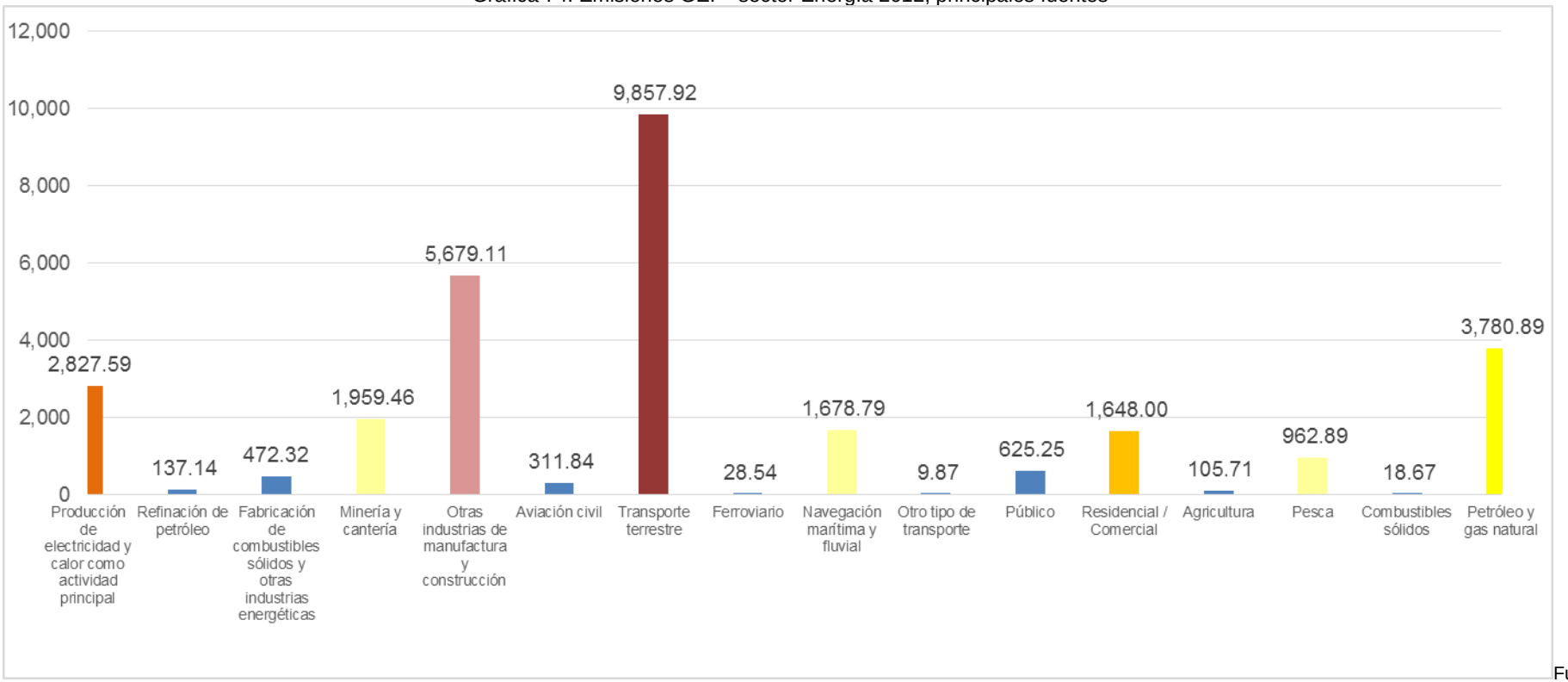
Notas y aclaraciones:

| | |
|---|---|
| *1 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *2 | Esta clasificación no es original de las GL2006. Se ha incluido por la importancia del Sistema Aislado (SEIN) en la generación eléctrica del Perú |
| *3 | Se considera que "Minería y cantería", con los códigos CIIU 13 y 14 (Extracción de minerales metalíferos y Explotación de otras minas y canteras), es la misma actividad reportada por el sector minero peruano del Perú |
| *4 | Se considera el consumo de combustibles de todas las otras industrias, a excepción del sector minero peruano. |
| *5 | La categoría GL2006 dice: "Comercial / institucional", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Público" (Institucional) |
| *6 | La categoría GL2006 dice: "Residencial", sin embargo, para el INGEI 2005 -debido a la información del nivel de actividad en Perú (BNE)- se considera esta categoría como: "Residencial / Comercial" |
| *7 | La categoría GL2006 dice para 1A4c: "Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías"; sin embargo -debido a la importancia del sector en el Perú- se ha considerado sólo como Agricultura, que en las estadísticas nacionales figura como "Agropecuario y agroindustrial" |
| *8 | Esta categoría no figura en las GL2006, fue creada considerando la importancia del sector Pesca para el Perú. Considerando la clasificación de las GL2006 esta categoría INGEI pertenecería a 1A4c. |

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se aprecia el aporte de las principales fuentes de emisión de GEI en el sector Energía, para el año 2005.

Gráfica 74: Emisiones GEI – sector Energía 2012, principales fuentes




Fuente: Elaboración propia

En el sector Energía se reportan emisiones informativas, por el uso del biodiesel, etanol, leña y otra biomasa. Estas emisiones de GEI informativas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 189: Emisiones GEI informativas en el sector Energía – INGEI 2005

| Tipo de combustible | Dióxido de Carbono [$GgCO_2$] | Metano [MgCH4] | Óxido Nitroso [$GgN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|
| Biocombustible | | | | |
| Etanol | | | | |
| Leña | 8,141.70 | 24,414.84 | 325.67 | 8,755.37 |
| Bagazo | 247.50 | 74.25 | 0.20 | 249.12 |
| Carbón vegetal | 255.36 | 456.00 | 9.12 | 267.76 |
| Bosta y yareta | 1,475.28 | 3,241.94 | 59.01 | 1,561.65 |
| | **10,119.84** | **28,187.03** | **394.00** | **10,833.91** |

## Emisiones nacionales en sub-sector y categoría - transporte 2005

La categoría de Transporte generó 11,886.95 Giga gramos de dióxido de carbono equivalente ($CO_2e$), siendo la categoría de transporte terrestre, que representa el 82.9% del Inventario Nacional GEI en transporte, con 9,857.9 $GgCO_2e$, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

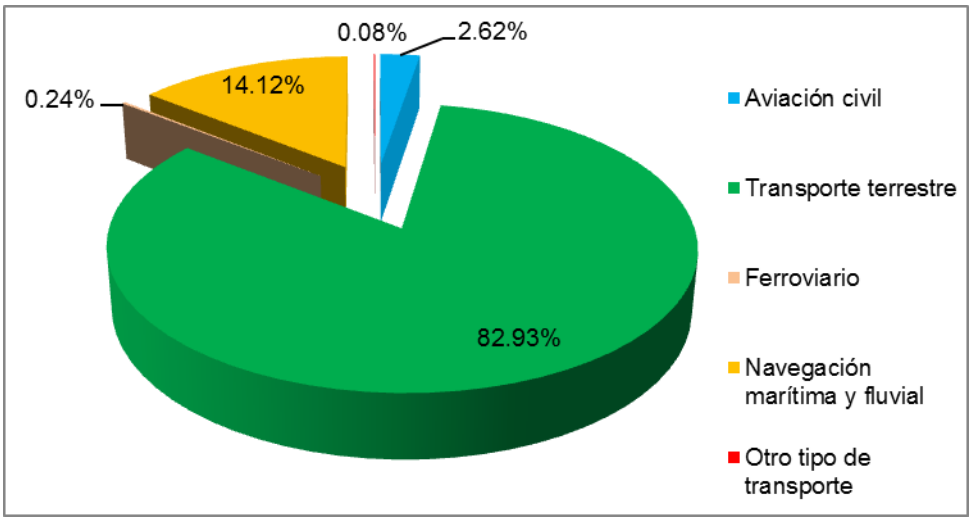
Tabla 190: Emisiones GEI en la categoría de Transporte

| Código de categorías de fuentes - GL2006 | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$tCH_4$] | Óxido nitroso [$tN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1A3** | | | **Transporte** | **11,675,39** | **2,209.10** | **532.80** | **11,886.95** |
| | 1A3a | | Aviación civil | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | | 1A3a*ii* | Aviación de nacional | 309.11 | 2.16 | 8.65 | 311.84 |
| | 1A3b | | Transporte terrestre | 9,668.78 | 2,053.81 | 471.01 | 9,857.92 |
| | | 1A3b*i* | Automóviles | 2,556.05 | 1,391.04 | 102.60 | 2,617.07 |
| | | 1A3b*ii* | Camiones para servicio ligero | 3,808.05 | 387.45 | 196.25 | 3,877.02 |
| | | 1A3b*iii* | Camiones para servicio pesado y autobuses | 3,074.41 | 163.24 | 161.76 | 3,127.98 |
| | | 1A3b*iv* | Motocicletas | 230.27 | 112.08 | 10.40 | 235.84 |
| | 1A3c | | Ferroviario | 25.47 | 1.43 | 9.83 | 28.54 |
| | 1A3d | | Navegación marítima y fluvial | 1,662.21 | 151.30 | 43.23 | 1,678,79 |
| | | 1A3d*i* | Navegación marítima internacional | 1,275.75 | 115.69 | 33.05 | 1,288.42 |
| | | 1A3d*ii* | Navegación fluvial y marítima nacional | 386.46 | 35.61 | 10.18 | 390.36 |
| | 1A3e | | Otro tipo de transporte | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 9.86 |
| | | 1A3ei | Transporte por gaseoductos | 9.83 | 0.40 | 0.08 | 9.86 |

Fuente: Elaboración propia

La segunda subcategoría que mayor aporte presenta en este INGEI – la categoría de Transporte es el “Navegación marítima y fluvial”, con el 14.1% tal como se aprecia a continuación:

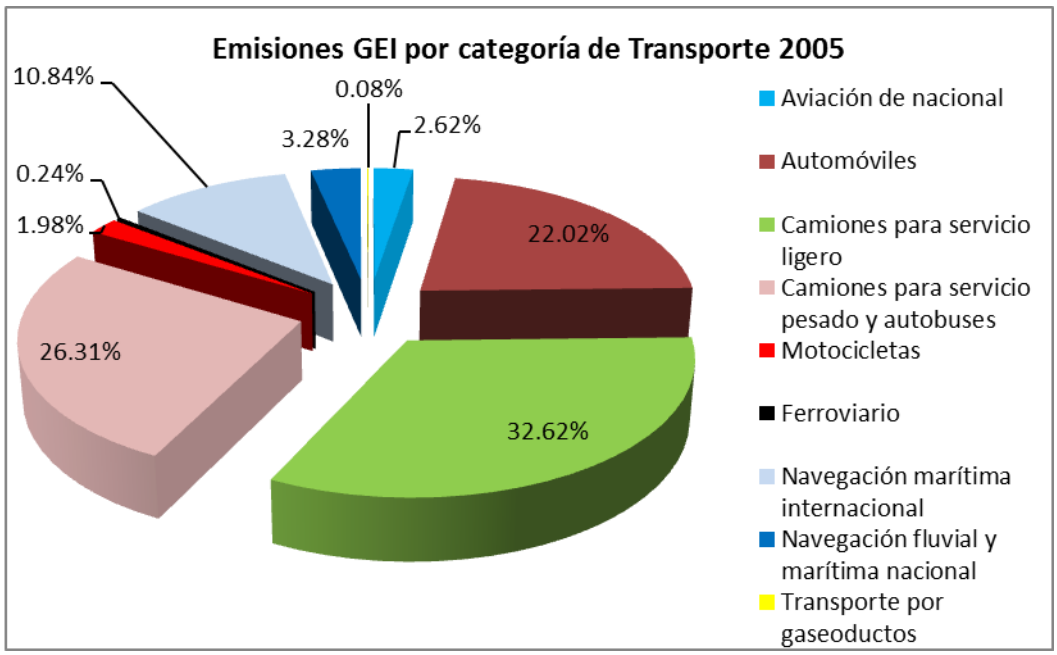
Gráfica 75: Participación de emisiones GEI por categoría en Transportes




El transporte de camiones para servicio ligero, es la fuente que mayor participación presenta con el 32.62% del INGEI en la categoría de trasporte, emitiendo 3,877.02 $GgCO_2e$, tal como se aprecia en la tabla 190.

La fuente "Camiones para servicio pesado y autobuses" y "Automóviles" son otras fuentes significativas en el sector de transporte, con el 26.3% y el 22% de participación correspondientemente tal como se aprecia en la siguiente gráfica:

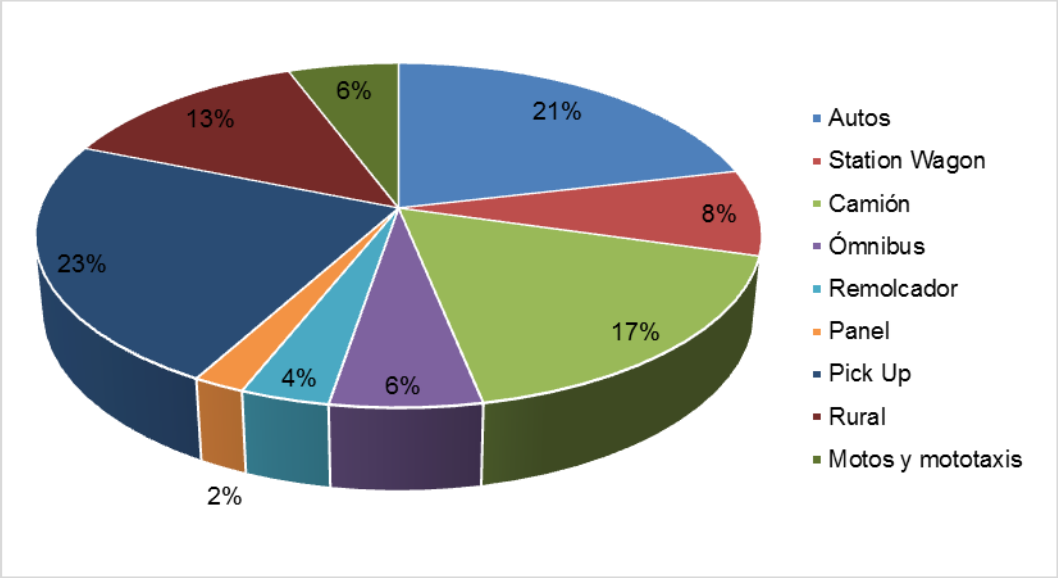
Gráfica 76: Participación de emisiones GEI por fuente en Transportes




Las fuentes "Automóviles", "Camiones para servicio ligero" y "Camiones para servicio pesado y autobuses" suman el 80.9% de las emisiones GEI del sub-sector transporte reportadas para el año 2005.

Según las fuentes mencionadas en la tabla 190, la fuente “camionetas Pick Up” tiene el 23% de participación en la subcategoría de Transporte terrestre, tal como se aprecia en la siguiente gráfica:

Gráfica 77: Participación de emisiones GEI por fuentes en Transportes Terrestre




Fuente: Elaboración propia

La fuente “camionetas Panel”, presenta el menor porcentaje de participación en la subcategoría de transporte terrestre, siendo el 2%.

## 6.2. Procesos Industriales y uso de Productos

Los resultados para el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), para el año 2005, fueron 3,509.18 $GgCO_2e$[62], reportando las mayores emisiones de GEI en las fuentes: producción de cemento (2,365.48 $GgCO_2e$, el 67.4% en PIUP) y la producción de hierro y acero (692.19 $GgCO_2e$, el 19.7% de PIUP). Las tres principales fuentes representan el 91.69% del total reportado en PIUP. Las emisiones de GEI se presentan en la siguiente tabla:

(62) Al cierre del cálculo (15 de agosto de 2015), la información proporcionada por INEI y SUNAT no fue suficiente para el cálculo de las emisiones de GEI en el año 2005.

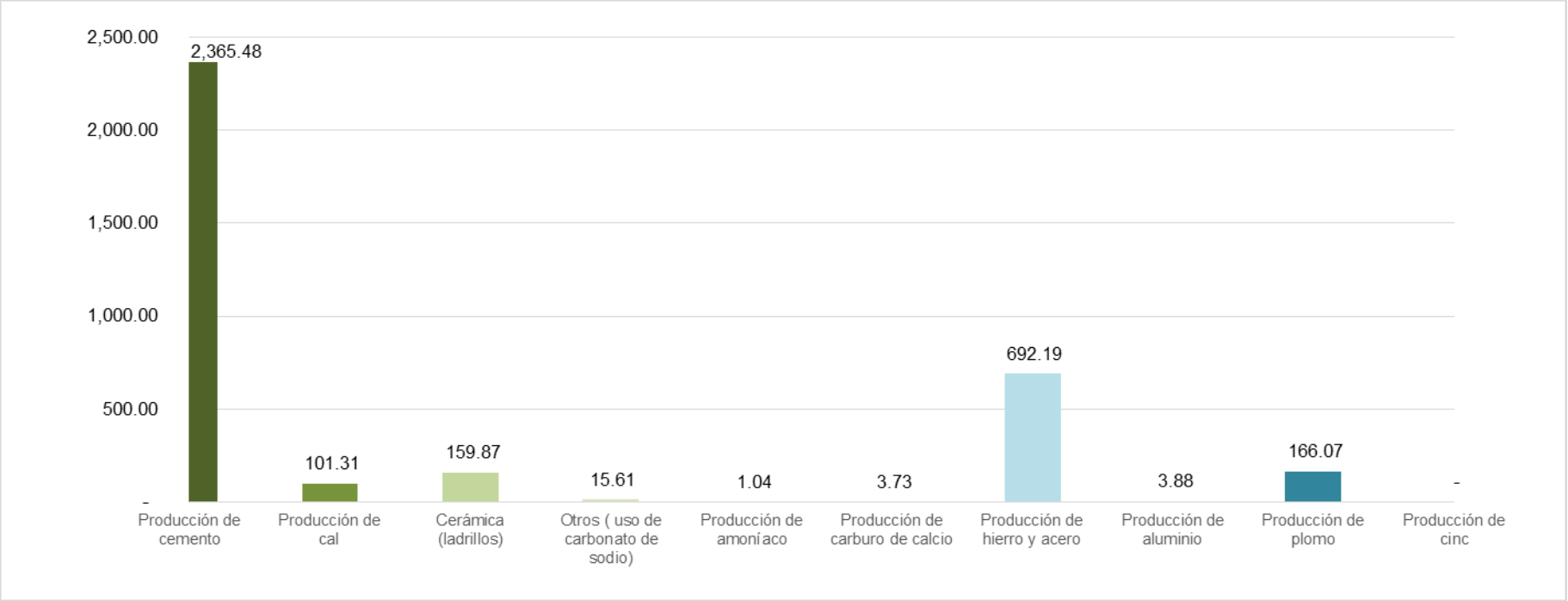
Tabla 191: Emisiones GEI 2005 por fuente, Procesos Industriales

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | | | | | **Procesos Industriales y uso de productos** | **3,509.18** | - | - | **3,509.18** |
| | **2A** | | | | **Productos minerales** | **2,642.27** | | | **2,642.27** |
| | | 2A1 | | | Producción de cemento | 2,365.48 | | | 2,365.48 |
| | | 2A2 | | | Producción de cal | 101.31 | | | 101.31 |
| | | 2A4 | | | Otros usos de carbonatos | 175.48 | | | 175.48 |
| | | | 2A4a | | Cerámicas (ladrillos) | 159.87 | | | 159.87 |
| | | | 2A4b | | Otros usos de ceniza de sosa | 15.61 | | | 15.61 |
| | **2B** | | | | **Industria química** | **4.77** | | | **4.77** |
| | | 2B1 | | | Producción de amoniaco | 1.04 | | | 1.04 |
| | | 2B2 | | | Producción de ácido nítrico | - | | | - |
| | | 2B3 | | | Producción de ácido adípico | - | | | - |
| | | 2B4 | | | Producción de carburo de calcio | 3.73 | | | 3.73 |
| | **2C** | | | | **Producción de metal** | **862.13** | | | **862.13** |
| | | 2C1 | | | Producción de hierro y acero | 692.19 | | | 692.19 |
| | | 2C2 | | | Producción de ferroaleaciones | - | | | - |
| | | 2C3 | | | Producción de aluminio | 3.88 | | | 3.88 |
| | | 2C5 | | | Producción de Plomo | 166.07 | | | 166.07 |
| | | 2C6 | | | Producción de Cinc | - | | | - |

Fuente: Elaboración propia

La distribución de las emisiones de GEI por cada una de las fuentes de emisión del sector Procesos Industriales se puede apreciar en el siguiente gráfico.

*Gráfico* 78: *E*misiones GEI – sector PIUP 2005




Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que pese a que el sector se denomina “Procesos industriales y uso de productos”, las categorías de “uso de productos” no se han estimado aún por falta de información de consumos de productos, como: hexafluoruro de azufre ($SF_6$), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), solventes y aerosoles. Para el año 2005, tampoco se tiene información oficial de la producción de amoniaco, carburo de calcio, y ceniza de sosa, las estimaciones del nivel de actividad se realizaron por proyecciones a partir del año 2000.

## 6.3. Agricultura

Se ha estimado preliminarmente para el sector agricultura y en el año 2005 un total de 24,576.52 $GgCO_2e$. Las fuentes de emisión más representativas fueron los suelos agrícolas y la fermentación entérica. Los suelos agrícolas son la principal fuente emisora de óxido nitroso en el sector mientras que la fermentación entérica es la principal fuente emisora de metano.

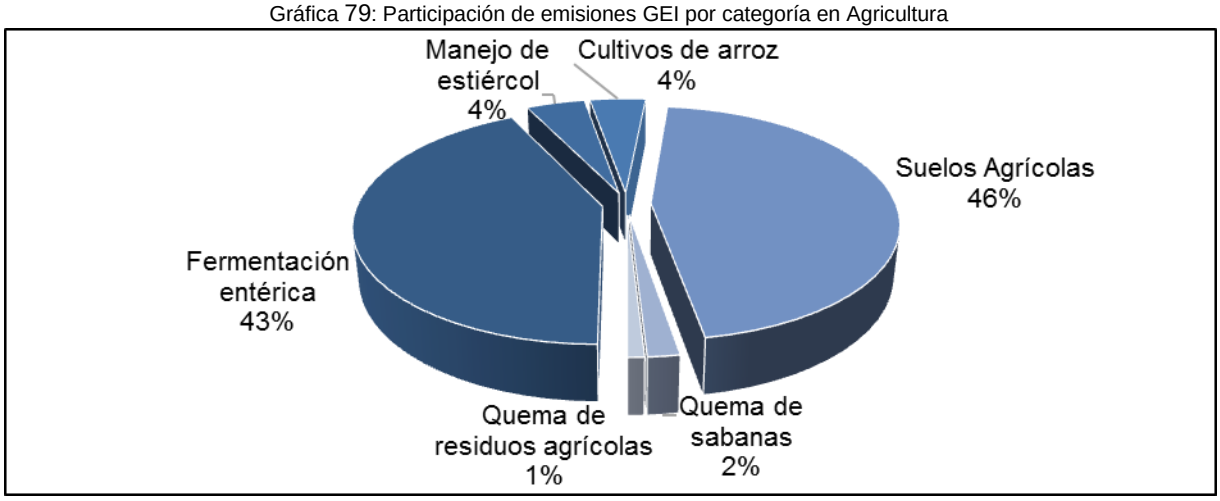
Tabla 192: Emisiones nacionales de GEI del sector agricultura

| Código de categorías de fuentes 1996 | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$GgCH_4$] | Óxido nitroso [$GgN_2O$] | Emisiones de GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | | **Agricultura** | **-** | **589,576.61** | **39,340.03** | **24,576.52** |
| | 4A | Fermentación entérica | | 499.84 | | 10,496.61 |
| | 4B | Manejo de estiércol | | 13.91 | 2.64 | 1,111.13 |
| | 4C | Cultivos de arroz | | 50.46 | | 1,059.69 |
| | 4D | Suelos Agrícolas | | | 36.29 | 11,249.06 |
| | 4E | Quema de sabanas | | 17,476.61 | 216.27 | 434.05 |
| | 4F | Quema de residuos agrícolas | | 7.89 | 0.19 | 225.98 |

Fuente: Elaboración propia

Si evaluamos la participación de las fuentes consideradas en el sector agricultura podemos observar claramente que las fuentes: suelos agrícolas y fermentación entérica abarcan en su conjunto el 89% de las emisiones del sector. Le siguen en representatividad las emisiones generadas por el manejo de estiércol y cultivos de arroz con una participación del 5% y 4% respectivamente. Finalmente las fuentes con menor representatividad son la quema de las sabanas y la quema de residuos agrícolas cada una con una participación aproximada al 1%.

Gráfica 79: Participación de emisiones GEI por categoría en Agricultura




Para el sector Agricultura, no se cuenta con información de pesos específicos de ganado por especie, y caracterización de los sistemas de riego para arroz.

## 6.4. USCUSS

El sector de Uso de suelos, cambio de uso de suelos y silvicultura (USCUSS), reportó para el año 2005: 121,034.69 GgCO2e, presentándose las mayores emisiones en la fuente “Tierra forestal a tierra agrícola”, que es el cambio de bosque primario (bosques sin intervención del hombre) a tierras agrícolas (74,401.2 GgCO2e, que representa el 61.5% del sector). La segunda fuente con mayores emisiones reportadas es “Pérdidas (tala, leña e incendios en bosques primarios)”, con 54,502.58 GgCO2e (45.0% del sector). Es importante mencionar que el sector USCUSS es el único que reporta remociones de carbono, con un total de 14,925.35 GgCO2e (12,342.55 GgCO2e capturados por

abandono de tierras cultivadas en bosques secundarios y 2,582.8 GgCO2e por incremento de biomasa en plantaciones forestales) los cuales están representados en la siguiente tabla con signo negativo.

Tabla 193: Emisiones totales por GEI y por subsector para el inventario 2012

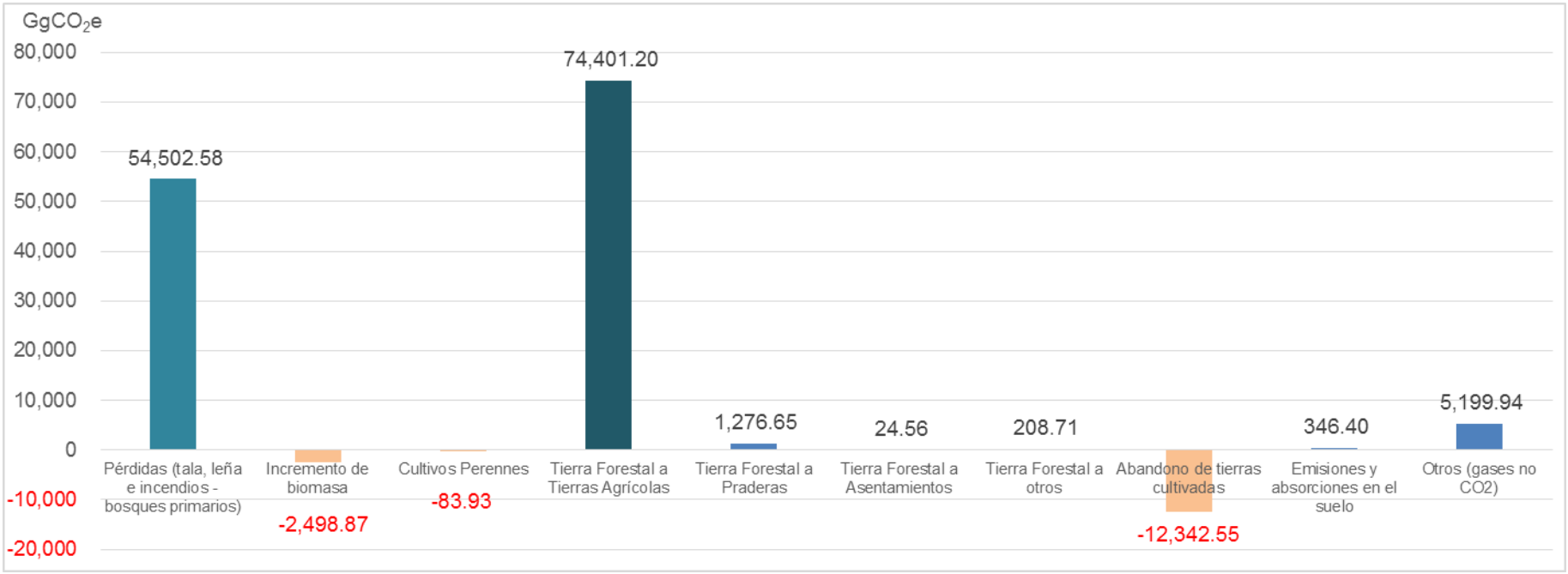
*No son necesariamente iguales a las categorías de la GL2006

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico debajo se representan las estas emisiones y absorciones por cada actividad dentro de las subcategorías del sector USCUSS para el año 2005.

Ya que los Cambios de Uso de Suelos se hacen visualmente, se debe tomar como base lo desarrollado por el “Programa Nacional de Conservación de Bosques” en límites y realizar una revisión y mejora de las áreas totales de bosque, no bosque y pérdidas. Se debe generar información para bosques secos y andinos. Además se debe tener información sobre las plantaciones totales anuales y el monitoreo de plantaciones acumuladas consensuadas con lo determinado en el mapa de vegetación (SERFOR debe hacer seguimiento a la información proporcionada por Agrorural). Finalmente, se debe generar información consensuada de pastos y actualizar la información del Mapa de suelos del Perú (los datos tomados son del INRENA – Mapa de suelo del Perú 1996).

Grafico 80: Participación de emisiones totales de GEI en USCUSS – 2005




Fuente: Elaboración propia

## 6.5. Desechos

Este sector reportó 5,686.25 $GgCO_2e$, para el año 2005 (3.08% del total nacional). La principal fuente de emisiones de GEI es “Residuos sólidos”, con 4,229.99 GgCO2e (74.39% del sector) generados por la generación de residuos sólidos urbanos (domiciliarios y no domiciliarios). Otra fuente importante es “Aguas residuales domésticas”, con 659.09 GgCO2e (20.9% del sector) emitidos como agua residual en el sector residencial.

Tabla 194: Emisiones nacionales de GEI del sector Desechos

| Clasificación | | | | | Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [$GgCO_2$] | Metano [$MgCH_4$] | Óxido nitroso [$MgN_2O$] | Emisiones GEI [$GgCO_2e$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | | | | **Desechos** | **-** | **245,531.27** | **1,709.98** | **5,686.25** |
| | 6A | | | | Disposición de residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | | 6A1 | | | Residuos sólidos | | 201,427.93 | | 4,229.99 |
| | 6B | | | | Tratamiento de aguas residuales | | 44,103.34 | 1,709.98 | 1,456.26 |
| | | 6B1 | | | Efluentes industriales | | 12,718.34 | | 267.09 |
| | | 6B2 | | | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | 1,709.98 | 1,189.18 |
| | | | 6B2a | | Aguas residuales domésticas | | 31,385.00 | | 659.09 |
| | | | 6B2b | | Excretas humanas | | | 1,709.98 | 530.09 |

Fuente: Elaboración propia

Para el sector Desechos no se cuenta con información de caracterización de los residuos sólidos para todos los distritos del Perú, o segmentos de población urbana. Por esta razón se han considerado la información usada en el INGEI 2010.

Es necesario mejorar la recopilación de información en la categoría: “Tratamiento de aguas residuales” (domésticas y efluentes industriales), específicamente datos de la DBO y DQO -por lo menos de algunas plantas de tratamiento-. Debido a la falta de información, para el cálculo de las emisiones de GEI, en esta categoría, se consideraron valores por defecto de DBO y DQO.

## 7. PLAN DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD (avance)

Es una buena práctica e importante instrumentar procedimientos de control de calidad (CC) para el desarrollo de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Tal como se describe en la Guía de buenas prácticas del IPCC y en las últimas Directrices del IPCC (2006), un apropiado programa de CC ayuda a mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y confianza en los inventarios nacionales de GEI.

*El control de calidad (CC)*, es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se lo compila. El sistema de CC está diseñado para lo siguiente:

- ✓ Hacer controles rutinarios y coherentes que garanticen la integridad de los datos, su corrección y su exhaustividad.
- ✓ Detectar y subsanar errores y omisiones.
- ✓ Documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de CC.

A continuación se mencionan de forma detallada las actividades para un control de calidad que se desarrollaran para cada categoría del INGEI 2005.

## 7.1. Energía (fuentes estacionarias)

**PLAN DE CONTROL DE CALIDAD (CC)**

Un plan escrito de CC es un elemento fundamental del sistema de CC. Este plan resume las actividades de CC realizadas, el personal responsable de las actividades y el cronograma para completar dichas actividades. Las siguientes secciones describen el plan de CC que se siguió con la finalidad de asegurar un inventario de emisiones GEI en el sector Energía de alta calidad.

**Quema de Combustibles**

**Los datos de actividad;** una de las opciones que las GL 2006 describe es realizar un control de calidad con los datos a nivel nacional, a fin de cumplir con esta recomendación se comparó los datos procedentes del Balance Nacional de Energía 2012 (MINEM), el anuario 2012 (Osinergmin), anuarios estadísticos de electricidad 2012 – MINEM y el anuario del COES 2012.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información obtenida proviene de la identidades como: El Organismo supervisor de la inversión de energía y minas (Osinergmin), Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES – SINAC).

Se comparó los resultados del Inventario 2005con inventarios anteriores para analizar la coherencia y detectar alguna anomalía en el proceso de cálculo.

Se procedió a comparar los datos obtenidos con datos de actividad históricos permitiendo que no hubiera anomalías.

**Emisiones Fugitivas**

**Los datos de actividad;** una de las opciones que las GL 2006 describe es realizar un control de calidad con los datos a nivel nacional, a fin de cumplir con esta recomendación se comparó los datos procedentes de las refinerías (quema en antorcha, producción de petróleo, numero de pozos y balance de gas natural) con los anuarios estadísticos de PERUPETRO para el año 2005.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales.

**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información obtenida proviene del anuario de PERUPETRO y de las refinerías.

## 7.2. Energía (fuentes móviles)

En sub-sector de Transporte el plan de CC efectivo contiene los siguientes elementos:

- ✓ Plan de control de calidad (CC).
- ✓ Personal de CC
- ✓ Procedimientos generales de cc para los líderes de categoría de fuente/remoción

Cado uno de estos elementos se describen detalladamente a continuación.

**PLAN DE CONTROL DE CALIDAD (CC)**

Un plan escrito de CC es un elemento fundamental del sistema de CC. Este plan resume las actividades de CC realizadas, el personal responsable de las actividades y el cronograma para completar dichas actividades. Las siguientes secciones describen el plan de CC que se siguió con la finalidad de asegurar un inventario de emisiones GEI en el sub-sector Transporte de alta calidad.

**Transporte Terrestre**:

**Los datos de actividad;** una de las opciones que las GL 2006 describe es realizar un control de calidad con los datos a nivel nacional, a fin de cumplir con esta recomendación se comparó los datos procedentes del Balance Nacional de Energía 2012 (MINEM) y los datos obtenidos del BALANCE DE ENERGIA NACIONAL 2012 (Osinergmin).

El Balance Nacional de Energía (BNE), reporta el consumo total en unidades de energía (TJ) sin realizar divisiones por medios de transporte. Para tener una equidad de nivel de data se realizó la comparación del BNE que presenta un consumo de 285,578 TJ (Sector Transporte) y el acumulado de los modos de trasporte reportando 261,230 TJ, siendo una diferencia de ↓8.5%.

Una vez realizada la comparación con la data del BNE, se consolido como una documentación interna determinando como principal aporte que no se podría emplear esta data ya que el consumo de diésel, gasohol y gasolina se encuentra agregado y este combustible se emplea en los vehículos, ferrocarriles y naves acuáticas.

A la vez se realizó una comparación haciendo uso de promedios de consumo de combustible (N° vehículos/galones) que proceden de un estudio de campo realizado para la Segunda Comunicación Nacional (INGEI 2000) y usado para estimar el INGEI 2010. Haciendo uso de promedios se obtiene 248,153 TJ, mientras que el Osinergmin reporta como venta de combustible en los grifos a nivel nacional 223,051 TJ, teniendo una diferencia de ↓10%. La data obtenida a partir de ratios, trae un poco de incertidumbre por ser de un estudio realizado para el INGEI 2000, donde a la fecha la circulación y flujo vehicular es muy variado, por lo tanto no se estaría tomando para este inventario.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información obtenida proviene de la identidad Osinergmin (Organismo de supervisión de la inversión de energía y minas) que reporta el volumen vendido en los grifos por tipo de combustible a nivel nacional y los factores empleados son los recomendados por el IPCC ante la ausencia de unos específicos para nuestro país.

Se comparó los resultados del Inventario 205 con inventarios anteriores para analizar la coherencia y detectar alguna anomalía en el proceso de cálculo.

Se procedió a comparar los datos obtenidos con datos de actividad históricos permitiendo que no hubiera anomalías.

**Transporte aéreo**:

**Los datos de actividad;** para la categoría de transporte aéreo tampoco se pude realizar una comparación con información a nivel nacional del BNE 2005, por la mismas causas descritas en la categoría de transporte terrestre.

Pero a la vez se ha realizado la comparación con la data proporcionada por la empresa LAN, logrando obtener un ratio de consumo de combustible por kilómetros recorridos (1.3 gal/km) que conlleva a obtener 10,139.30 TJ, mientras que la metodología usada para este inventario de CORINAIR se obtuvo 10,278 TJ, teniendo una variación de 1.3%.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información obtenida proviene de la metodología EMEP/EEA (European Environment Agency) que recomienda la GL 2006 en la metodología de nivel 3 y los factores empleados son los recomendados por el IPCC ante la ausencia de unos específicos para nuestro país.

Se comparó los resultados del Inventario 2005con inventarios anteriores para analizar la coherencia y detectar alguna anomalía en el proceso de cálculo.

Se procedió a comparar los datos obtenidos con datos de actividad históricos permitiendo que no hubiera anomalías.

**Transporte ferroviario**:

**Los datos de actividad;** para la categoría de transporte ferroviario no se pude realizar una comparación con información a nivel nacional del BNE 2012, por la mismas causas descritas en la categoría de transporte terrestre.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.

**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que el 96% de la información obtenida proviene de las empresas Ferrocarril Central Andino S.A y Andean Railways Corp. S.A.C. Mientras que el 4% restante de la información se ha obtenido de promedio de consumo de combustible por locomotora que ha circulado (INGEI 2000). Y los factores empleados son los recomendados por el IPCC ante la ausencia de unos específicos para nuestro país.

Se comparó los resultados del Inventario 2005 con inventarios anteriores para analizar la coherencia y detectar alguna anomalía en el proceso de cálculo.

Se procedió a comparar los datos obtenidos con datos de actividad históricos permitiendo que no hubiera anomalías.

**Transporte naval**:

**Los datos de actividad;** para la categoría de transporte naviero no se pude realizar una comparación con información a nivel nacional del BNE 2012, por la mismas causas descritas en la categoría de transporte terrestre.

**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.
**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información ha sido proporcionada por la Autoridad Portuaria Nacional (APN). Y los factores empleados son los recomendados por el IPCC ante la ausencia de unos específicos para nuestro país.
Se comparó los resultados del Inventario 2005con inventarios anteriores para analizar la coherencia y detectar alguna anomalía en el proceso de cálculo. Teniendo como observación que para inventarios anteriores la data corresponde al 64% de navegación fluvial y el 36% de navegación marítima a nivel nacional, mientras que para el INGEI 2005 se está incluyendo navegación internacional.

**Otro tipo de transporte**:
**Revisión de los factores de emisión:** los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por el IPCC, teniendo en cuenta su aplicabilidad, no fue posible comparar con datos nacionales, pero se empleó la densidad y VCN del combustible en la mayor manera posible a nivel local para tener una mayor certeza de que los factores son aplicables.
**Examen de los datos de actividad;** los datos obtenidos son fiables ya que la información ha sido proporcionada por la Aeropuertos del Perú (ADP) para la fuente “Todo terreno” y para la fuente “Transporte por gaseoductos” ha sido extraída del COES 2012. Y los factores empleados son los recomendados por el IPCC ante la ausencia de unos específicos para nuestro país.
Se comparó los resultados del Inventario 2005solo con el INGEI 2010 para la fuente de “Transporte por gaseoductos”, debido que es una fuente que se está presentando desde este inventario.

## 7.3. Procesos industriales y uso de productos

En el sector de Procesos Industriales el plan de Control de Calidad contiene los siguientes elementos:

- ✓ Plan de control de calidad (CC).
- ✓ Personal de CC
- ✓ Procedimientos generales de cc para los líderes de categoría de fuente/remoción

Cado uno de estos elementos se describen detalladamente a continuación.

### PLAN DE CONTROL DE CALIDAD (CC)

Un plan escrito de CC es un elemento fundamental del sistema de CC. Este plan resume las actividades de CC realizadas, el personal responsable de las actividades y el cronograma para completar dichas actividades. Las siguientes secciones describen el plan de CC que se siguió con la finalidad de asegurar un inventario de emisiones GEI en el sector Procesos Industriales de alta calidad.

Con el fin de cumplir la recomendación de las GL 2006 de realizar un control de calidad con los datos a nivel nacional, se detalla a continuación los procesos seguidos por cada categoría y fuente:

### INDUSTRIA DE LOS MINERALES

Producción de cemento, en esta fuente se solicitó la producción de cemento y clínker a las empresas cementeras, brindando esta información, así como también la composición de clinker, de esta forma fue posible realizar las estimaciones de emisiones GEI en el Nivel 2, cabe señalar que una sola empresa no ha brindado información aun de su producción de cemento y/o clínker. Para realizar un control de calidad de esta información brindada se verificó la producción de cemento con el Producto Bruto Interno (PBI) en el sector construcción, la cual dio como resultado que su crecimiento es uniforme.

Producción de cal, en esta fuente aun cuando también se solicitó a instituciones privadas y públicas, se estimó conveniente recopilar esta información del INEI (Producción de cal 1995 - 2000) y proyectada al año 2005, información que fue contrastada, al igual que la producción de cemento, con el Producto Bruto Interno (PBI) en el sector construcción dando como resultado el crecimiento uniforme en ambos casos.

Uso de piedra caliza / dolomita, esta fuente también ha sido recopilada del Compendio Estadístico 2014 del INEI y comparada con el VAB nacional del sector construcción dando como resultado un crecimiento uniforme en ambos casos.

Uso de carbonato de sodio, esta información ha sido recopilada del informe de la Sociedad Nacional de Industrias 2000 – 2010.

**INDUSTRIA QUÍMICA**

Producción de amoníaco, en el caso de esta fuente no ha sido registrado información alguna de su producción por lo que se ha tenido que tomar la información de producción del INGEI 2009 y proyectarlo al 2005 bajo el índice de crecimiento del VAB nacional del sector construcción.

Producción de carburo de calcio, en esta fuente, al igual que la producción de amoníaco, no se ha registrado información alguna, por lo que se tuvo que tomar la información de producción del INGEI 2009 y proyectarlo al 2005 bajo el índice de crecimiento del VAB nacional del sector construcción.

**INDUSTRIA DE LOS METALES**

Producción de hierro y acero, en esta fuente se solicitó a las empresas productoras de acero y hierro, respondiendo la empresa Aceros Arequipa y queda por responder la solicitud la empresa Southern Perú, en este caso tenemos sólo dos empresas productoras de acero y hierro en el Perú.

Producción de aluminio, en esta fuente se hizo la proyección de la información al 2005 en base a las series nacionales 1995 – 2000 del INEI, contrastando con el VAB nacional del sector construcción, mostrando un crecimiento uniforme.

## 7.4. Agricultura

**PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

Para cada una de las fuentes de la categoría agricultura se han realizado las siguientes actividades de control y revisión:

- Se realizaron controles rutinarios mediante la revisión y comparación de los niveles de en sus fuentes de origen y la revisión de la colocación de los mismos en las celdas correspondientes en el libro de trabajo.
- Se ha revisado minuciosamente la transcripción de los niveles de actividad y sus respectivas unidades.
- Se ha revisado cuidadosamente las unidades del nivel de actividad de origen y sus respectivas conversiones según lo requerido por los libros de trabajo del IPCC.
- Se han examinado los factores de emisión utilizados de acuerdo a lo indicado en el libro de trabajo del IPCC y en las directrices. Estos se han comparado con los utilizados en anteriores inventarios para mantener la consistencia debida.
- Se han revisado aleatoriamente las fórmulas de los libros de trabajo y los respectivos resultados, estos últimos han sido comparados con anteriores inventarios para medir su coherencia.
- Se encontraron errores mínimos de transcripción en algunos casos los mismos que fueron subsanados.

## 7.5. Desechos

**PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

Para cada una de las fuentes de la categoría agricultura se han realizado las siguientes actividades de control y revisión:

- Se realizaron controles rutinarios mediante la revisión y comparación de los niveles de en sus fuentes de origen y la revisión de la colocación de los mismos en las celdas correspondientes en el libro de trabajo.
- Se ha revisado minuciosamente la transcripción de los niveles de actividad y sus respectivas unidades.
- Se ha revisado cuidadosamente las unidades del nivel de actividad de origen y sus respectivas conversiones según lo requerido por los libros de trabajo del IPCC.
- Se han examinado los factores de emisión utilizados de acuerdo a lo indicado en el libro de trabajo del IPCC y en las directrices. Estos se han comparado con los utilizados en anteriores inventarios para mantener la consistencia debida.
- Se han revisado aleatoriamente las fórmulas de los libros de trabajo y los respectivos resultados, estos últimos han sido comparados con anteriores inventarios para medir su coherencia.
- Se encontraron errores mínimos de transcripción en algunos casos los mismos que fueron subsanados.

## 8. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS CLAVE (avance)

De acuerdo a los resultados reportados en el INGEI 2005, se analizaron las categorías con mayores emisiones de GEI, resumiendo los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 195: Análisis de categorías principales

| Categoría del IPCC | GEI | Estimación del último año ($E_{X,2012}$) [$GgCO_2e$] | Valor absoluto de la estimación del último año $\lvert E_{X,2012} \rvert$ | Evaluación del nivel $L_{X,\ 2012}$ | Total acumulativo |
|---|---|---|---|---|---|
| Tierra Forestal a Tierras Agrícolas | $CO_2$ | 74,401.20 | 74,401.20 | 42.42% | 42.42% |
| Pérdidas (tala, leña e incendios - bosques primarios) | | 54,502.58 | 54,502.58 | 31.07% | 73.49% |
| Abandono de tierras cultivadas | | -12,342.55 | 12,342.55 | 7.04% | 80.52% |
| Transporte terrestre | | 9,668.78 | 9,668.78 | 5.51% | 86.04% |
| Industrias manufactureras y de la construcción | | 7,607.36 | 7,607.36 | 4.34% | 90.37% |
| Otros sectores | | 3,327.67 | 3,327.67 | 1.90% | 92.27% |
| Producción de electricidad | | 2,823.98 | 2,823.98 | 1.61% | 93.88% |
| Incremento de biomasa | | -2,498.87 | 2,498.87 | 1.42% | 95.31% |
| Fermentación entérica | $CH_4$ | 10,496.61 | 10,496.61 | 41.0% | 40.95% |
| Residuos sólidos | | 4,229.99 | 4,229.99 | 16.5% | 57.45% |
| Otros (gases no CO2) | | 4,405.14 | 4,405.14 | 17.2% | 74.64% |
| Petróleo y gas natural | | 3,606.18 | 3,606.18 | 14.1% | 88.71% |
| Cultivos de arroz | | 1,059.69 | 1,059.69 | 4.1% | 92.84% |
| Aguas residuales domésticas | | 659.09 | 659.09 | 2.6% | 95.41% |
| Suelos agrícolas | $N_2O$ | 11,249.06 | 11,249.06 | 81.98% | 81.98% |
| Manejo del estiércol | | 819.08 | 819.08 | 5.97% | 87.95% |
| Otros (gases no CO2) | | 794.79 | 794.79 | 5.79% | 93.74% |
| Excretas humanas | | 530.09 | 530.09 | 3.86% | 97.60% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se ordenas las categorías o subcategorías, de acuerdo a su valor absoluto y según cada GEI. De acuerdo a esto, en el caso del dióxido de carbono tres categorías del sector USCUSS son de mucha importancia para el INGEI, siendo “Tierra Forestal a Tierras Agrícolas” y “Pérdidas (tala, leña e incendios - bosques primarios)”, las que constituyen más de la mitad de las emisiones reportadas para el año 2005. Otras categorías de importancia son “Transporte terrestre” e “Industria de energía” (donde se incluye generación de la energía eléctrica).

Respecto al metano la fermentación entérica es la principal fuente emisora. Le siguen por representatividad la descomposición de los residuos sólidos dispuestos, las tierras deforestadas para la instalación de pasturas y el metano generado por las industrias del petróleo y el gas natural.

Finalmente la principal fuente emisora del dióxido nitroso son los suelos agrícolas.

# CONCLUSIONES

## 8.1. Energía

- Las emisiones por fuentes estacionarias, para el año 2005 se reportaron en: 14,417.47 GgCO2e, lo que representa el 47.89% del sector Energía.
- La categoría transporte emitió 11,886.95 GgCO2e, siendo la subcategoría de transporte terrestre la que mayor emisiones GEI reporta, con el 82.93% del total en Transporte. Luego la categoría de navegación marítima y fluvial aporta el 14.12% en el Transporte, sumadas estas dos subcategorías aportan el 97.05% del sub-sector transporte.
- Para el INGEI - Transporte 2005, se elaboró en base al Nivel 1 y 3, según las GL2006, esto debido al nivel de información obtenida al momento para cada fuente. Siendo esta data, el consumo de combustible estimado para todas las subcategorías del Transporte.
- Se estimó las emisiones GEI en viajes a nivel nacional, gracias al apoyo de la información proporcionada por DGAC del MTC.
- Para la categoría de Transporte Terrestre, se ha logrado estimar en totalidad, con la ayuda del combustible vendido en los grifos a nivel nacional para el año 2005. Las fuentes “Automóviles”, “Camiones para servicio ligero” y “Camiones para servicio pesado y autobuses” suman el 84. 1% de las emisiones GEI reportadas en el INGEI dela categoría de Transporte.
- Las emisiones GEI, en la subcategoría de transporte ferroviario se han logrado estimar al 73%, con el apoyo de la información de las ferroviarias Central Andino, Inca Rail y proyecciones en ferroviaria Huancavelica-Huancayo y Southern Perú.
- Para las emisiones GEI en la subcategoría Marítima, fluvial y lacustre, se ha calculado las emisiones GEI en navegación fluvial y marítima (nacional e internacional). Siendo posible, gracias al apoyo de APN.
- El apoyo por parte de las identidades del estado y las empresas privadas, ha sido de mucha utilidad para las estimaciones del INGEI en la categoría de Transporte. Así mismo se espera el apoyo de las demás instituciones involucradas con la información solicitada, para lograr una mejoría en el cálculo de esta categoría.

## 8.2. Procesos industriales

- Las emisiones GEI en el sector PIUP 2005 han sido de 3,509.2 GgCO2e, siendo la categoría de Industria de los minerales la de mayor emisión (2,658.6 GgCO2e) representando el 75.30% del total de emisiones del sector.
- La fuente de mayor emisión GEI es el de Producción de cemento (2,365.48 GgCO2e) seguido de la fuente de hierro y acero (692.19 GgCO2e), ambos representan el 87.13% del total de emisiones GEI del sector.
- El INGEI 2005 de sector PIUP se ha elaborado haciendo el uso mayormente del Nivel 1 ha excepción de la fuente de producción de cemento que se elaborado en base al nivel 2.
- Las emisiones GEI de la fuente Producción de amoníaco han sido estimadas en base a información del INGEI 2010, debido a la falta de información de producción de esta fuente.
- Las emisiones GEI de la fuente de Producción de carburo han sido estimadas en base a información del INGEI 2010, debido a la falta de información de producción de esta fuente.
- La entidad de donde se ha recopilado mayor información ha sido el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI a través de su Compendio Estadístico 2014 y Series Nacionales.

## 8.3. Agricultura

- Las emisiones generadas por el sector agricultura para el año 2005 fueron de 24,489.71 GgCO2e, sus principales fuentes emisoras son los suelos agrícolas y la fermentación entérica, las cuales y en su conjunto representan aproximadamente el 88.48% de las emisiones de este sector.
- El sector agricultura solo genera emisiones de metano y óxido nitroso, las emisiones de dióxido de carbono que se generan en las fuentes de quema de sabanas y quema de residuos agrícolas no se consideran porque este carbono liberado vuelve a ser reincorporado en los posteriores crecimientos de pastos y biomasa, es decir se considera que están en un equilibrio biológico.
- Las directrices del IPCC requieren de información que en algunos casos no se genera a nivel nacional y por lo que tiene que ser determinada en base al dictamen de expertos. De otro lado tampoco posee algunos factores de emisión requeridos los cuales también deben determinarse en base a la opinión de expertos.
- Todas las fuentes de emisión de este sector han sido estimadas, debido a la carencia de información nacional, siguiendo el nivel 1.
- Las estimaciones aquí presentadas tienen carácter de preliminar puesto que se deben realizar algunos ajustes necesarios además del debido proceso de control de calidad.

## 8.4. USCUSS

- A la fecha, se ha terminado el trabajo de interpretación del año 2005 y se han realizado los cálculos correspondientes, con un reporte de 121,034.69 $GgCO_2e$.

- Se han realizado los análisis por las variaciones sustanciales entre el Inventario 2005 y el inventario 2010.
- Para el año 2005, se han registrado pérdidas de biomasa causadas por incendios, que afectaron un total de 18,794.84 ha; lo cual ha marcado diferencia en los resultados, comparadas a las 2,257 ha que se tenían en el año 2010.

## 8.5. Desechos

- Las emisiones generadas por el sector desechos, sub categoría aguas residuales para el año 2005 fueron de 5,686.25 GgCO2e, siendo su principal fuente emisora el tratamiento de los residuos sólidos domésticos, la cual representa el 74.39% de las emisiones del sector.
- En este sector solo se genera emisiones de metano y óxido nitroso.
- Todas las fuentes de emisión de este sector han sido estimadas, debido a la carencia de información nacional, siguiendo el nivel 1.
- Es difícil acceder a datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), estos son muy importantes para tener estimaciones más precisas.
- La única institución que ha brindado respuesta a las solicitudes hechas fue la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). No se ha tenido respuesta del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ni de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).
- Además brindó información SIGERSOL, que dispone de sus datos en la web, a través de sus informes sobre residuos sólidos.

# 9. RECOMENDACIONES

## 9.1. Energía

- El consumo de combustible para aviación comercial a nivel nacional, se ha logrado estimar gracias a la información proporcionada por la Dirección General de Aviación Civil del MTC; pero es de importancia que todas las empresas de aviación a nivel nacional proporciones información de consumo de combustible abastecido en Perú para viajes nacionales e internacionales, así lograr obtener un mejor nivel de confianza de actividad.
- El combustible vendido en los grifos a nivel nacional, ha sido de utilidad para estimar las emisiones GEI en transporte terrestre, pero se sugiere realizar un estudio de flujo vehicular para identificar consumo de combustible real por tipo de combustible, tipo de vehículo, tipo de motor, con la finalidad de identificar mejores oportunidades y eficacia en las medidas de reducción de emisiones GEI, siendo el 94% de las emisiones GEI en esta categoría de transporte.
- Para el transporte ferroviario, dos empresas han proporcionado el consumo de combustible de sus locomotoras, siendo cinco empresas las restantes que no han proporcionado la información solicitada, se debe buscar obtener en ellas un mayor interés de apoyo para recopilar la información necesaria para el INGEI en esta subcategoría.
- Información para la navegación lacustre y fluvial es escasa, por lo que se sugiere plantear y desarrollar un mecanismo en conjunto con las instituciones involucradas (ejemplo DICAPI) y el MTC – DGTA para lograr obtener la información necesaria para próximos INGEI.
- El MINEM debería solicitar el VCN a las principales refinerías, considerando que es posible obtener este valor y que ayudaría a tener factores de emisión locales para algunos combustibles.

## 9.2. Procesos industriales y uso de productos

- El Ministerio de la Producción – PRODUCE, como la entidad competente en el sector de producción, debe de evaluar la recopilación y generación periódica de información de manera estandarizada, a puertas de implementarse el INFOCARBONO.
- Es importante que se actualice la información de productos químicos y uso de productos, a través de las estadísticas del INEI.

## 9.3. Agricultura

- El MINAGRI, como sector competente en el ámbito agrícola y pecuario a nivel nacional, debe evaluar tanto en costes como en relevancia y utilidad, la generación periódica de información tal como las poblaciones de caballos, asnos, mulas y cuyes; estudios que determinen los pesos promedio para el ganado que requiere esta información; caracterización de los sistemas de riego para arroz; entre otros.

- Se debe priorizar la inversión en estudios para la determinación de factores de emisión nacionales para las fuentes más representativas. Se debería evaluar además la posibilidad de elaborar proyectos de Acciones Nacionales de Mitigación apropiadas para el país (NAMA) con el cual se podría acceder a fondos importantes.
- Debido a que el IPCC clasifica a los datos de manera que no son necesariamente equivalentes a las que el Perú posee es recomendable que se realicen coordinaciones estrechas, para recibir las mejores orientaciones para la elaboración de inventarios, con la unidad de grupo de trabajo del IPCC o el grupo de discusión de la FAO (MAGHG).
- El Perú debería evaluar, más aún que esta próximo de implementar el INFOCARBONO, en postular a recibir asistencia técnica por parte del proyecto MAGHG/FAO, este proyecto ya ha iniciado las actividades de dos países piloto, Uruguay y México, para brindar asistencia técnica en apoyo a sus componentes de agricultura y UTCUTS para los BUR 2014 y 2016.

### 9.4. USCUSS

- Ya que los Cambios de Uso de Suelos se hacen visualmente, se debe tomar como base lo desarrollado por el "Programa Nacional de Conservación de Bosques" en límites y realizar una revisión y mejora de las áreas totales de bosque, no bosque y pérdidas.
- Se debe generar información para bosques secos y andinos.
- Además se debe tener información sobre las plantaciones totales anuales y el monitoreo de plantaciones acumuladas consensuadas con lo determinado en el mapa de vegetación (SERFOR debe hacer seguimiento a la información proporcionada por Agrorural).
- Finalmente, se debe generar información consensuada de pastos y actualizar la información del Mapa de suelos del Perú (los datos tomados son del INRENA – Mapa de suelo del Perú 1996).

### 9.5. Desechos

- Es recomendable que el MVCS evalué la viabilidad de generar y sistematizar periódicamente información relativa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales. El MVCS es la autoridad sectorial competente del INFOCARBONO por ende debería priorizar esta acción.
- Es recomendable que la ANA, como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, se involucre y participe activamente en los procesos de elaboración de los inventarios nacionales y se comprometa a colaborar con la información que registra.
- Es recomendable que el Ministerio de Producción realice las gestiones necesarias para que pueda obtener información sobre las aguas residuales de los sistemas de tratamiento existentes y operativos en las plantas industriales de interés.
- Tanto SUNASS, como la ANA, deberían ser actores relevantes y muy comprometidos con la elaboración de los inventarios y por ende del INFOCARBONO.