

REGIÓN

**TACNA**

*La que mira de frente al mañana*

**INVENTARIO REGIONAL DE  
EMISIONES DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO**

**AÑO BASE 2021**

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

1.	12
1.1	12
1.2	13
1.3	13
1.3.1	13
1.3.2	13
2.	13
2.1	13
2.1.1	14
2.2	14
2.2.1	14
2.2.2	18
2.2.3	22
2.2.4	23
2.2.5	26
2.3	27
2.3.1	27
2.3.2	28
2.3.3	28
2.3.4	28
2.3.5	28
3.	28
3.1	28
3.2	29
3.3	30
3.3.1	30
3.3.2	30
3.3.3	32
3.3.4	32
3.3.5	33
3.4	34
3.4.1	34
3.4.2	36
4.	38

4.1	38
4.1.1	38
4.1.2	39
4.1.3	39
4.1.4	56
4.2	58
4.2.1	58
4.2.2	58
4.2.3	59
4.2.4	65
4.3	66
4.3.1	66
4.3.2	66
4.3.3	67
4.3.4	89
4.4	90
4.4.1	90
4.4.2	91
4.4.3	92
4.4.4	98
4.4.5	98
4.5	99
4.5.1	99
4.5.2	99
4.5.3	100
4.5.4	125
5.	126
5.1	126
5.2	128
5.3	130
6.	132
7.	133
8.	133
9.	134

PRELIMINAR

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: FUENTES DE INFORMACIÓN PARA EL SECTOR PIUP.	32
CUADRO 2: ENTIDADES INVOLUCRADAS EN LOS SECTORES DE REPORTE PARA LA ELABORACIÓN DEL IRGEI 2021.	36
CUADRO 3: PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA ELABORACION DEL INVENTARIO REGIONAL DE GASES DE EFECTO INVERDADERO.	38
CUADRO 4: CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.	40
CUADRO 5: DATOS DE ACTIVIDAD – SECTOR ENERGÍA.	41
CUADRO 6: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1).	42
CUADRO 7: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).	43
CUADRO 8: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).	46
CUADRO 9: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – AVIACIÓN CIVIL (1A3A).	47
CUADRO 10: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA AVIACIÓN CIVIL (1A3A).	48
CUADRO 11: DEMANDA DEL TURBO A1 Y GASOLINA 100LL CORRESPONDIENTE AL DEPARTAMENTO DE TACNA.	49
CUADRO 12: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).	49
CUADRO 13: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).	51
CUADRO 14: CONSUMO FINAL DEL SECTOR TRANSPORTE DEL 2021 – TERRESTRE.	52
CUADRO 15: PARQUE AUTOMOTOR CIRCULANTE POR CLASE DE VEHÍCULO DEL 2021.	52
CUADRO 16: PARQUE AUTOMOTOR INSCRITOS POR TIPO DE VEHÍCULO Y TIPO DE COMBUSTIBLE DEL 2021.	53
CUADRO 17: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – OTROS SECTORES (1A4).	53
CUADRO 18: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA OTROS SECTORES (1A4).	56
CUADRO 19: CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR COMERCIAL Y PÚBLICO.	56
CUADRO 20: CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.	57
CUADRO 21: CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y PESQUERÍA.	57
CUADRO 22: VALOR AGREGADO BRUTO PARA ALOJAMIENTO Y RESTAURANTES, Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA, VALOR A PRECIO CONSTANTE (ESTRUCTURA PORCENTUAL).	57
CUADRO 23: POBLACIÓN ESTIMADA DEPARTAMENTAL Y NACIONAL.	57
CUADRO 24: RESULTADOS DE EMISIONES DEL SECTOR ENERGÍA.	58
CUADRO 25: CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.	60
CUADRO 26: FUENTES DE EMISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.	61
CUADRO 27: DATOS DE LA ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.	63
CUADRO 28: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA PARA FERMENTACIÓN ENTÉRICA.	70
CUADRO 29: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA PARA MANEJO DE ESTIÉRCOL.	76
CUADRO 30: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LAS EMISIONES DIRECTAS DE N <sub>2</sub> O PROCEDENTES DE SUELOS GESTIONADOS.	80
CUADRO 31: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA APLICACIÓN DE UREA.	87
CUADRO 32: CATEGORÍAS PERTENECIENTES AL SECTOR UTCUTS.	89
CUADRO 33: DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TIERRAS FORESTALES.	92
CUADRO 34: FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TIERRAS FORESTALES.	93
CUADRO 35: DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TIERRAS DE CULTIVO.	94
CUADRO 36: FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TIERRAS CULTIVO.	95
CUADRO 37: DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA QUEMA DE BIOMASA (TIERRAS FORESTALES).	96

CUADRO 38: FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA QUEMA DE BIOMASA (TIERRAS FORESTALES).	97
CUADRO 39: RESULTADOS DE EMISIONES DE GEI PARA EL SECTOR UTCUTS.RESULTADOS DE EMISIONES DE GEI PARA EL SECTOR UTCUTS.	97
CUADRO 40: CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.	99
CUADRO 41: DATOS DE ACTIVIDAD – SECTOR ENERGÍA.	99
CUADRO 42: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1).	100
CUADRO 43: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).	102
CUADRO 44: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5A – NIVEL 1.	102
CUADRO 45: GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.	104
CUADRO 46: COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA EL AÑO 2021.	104
CUADRO 47: FUENTES DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).	105
CUADRO 48: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA CATEGORÍA TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).	105
CUADRO 49: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5B – NIVEL 1.	106
CUADRO 50: VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL AÑO 2021.	106
CUADRO 51: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS SÓLIDOS (5C).	107
CUADRO 52: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA CATEGORÍA TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).	108
CUADRO 53: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5C – NIVEL 1.	109
CUADRO 54: GPC PROMEDIO RURAL.	110
CUADRO 55: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).	111
CUADRO 56: CORRESPONDENCIA DE LOS TRATAMIENTOS NACIONALES O SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS CON LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 – URBANO.	113
CUADRO 57: CORRESPONDENCIA DE LOS TRATAMIENTOS NACIONALES O SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS CON LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 – RURAL.	114
CUADRO 58: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).	114
CUADRO 59: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5D1 – NIVEL 1.	115
CUADRO 60: TIPOS DE TRATAMIENTO Y PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LAS EPS, 2022.	117
CUADRO 61: POBLACIÓN Y CONSUMO DE PROTEÍNA PER CÁPITA.	117
CUADRO 62: FUENTES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O – TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (5D1).	118
CUADRO 63: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (5D2).	119
CUADRO 64: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5D2 – NIVEL 1.	120
CUADRO 65: TIPOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PREVIOS A SU VERTIMIENTO AL CUERPO DE AGUA NATURAL.	121
CUADRO 66: VALOR AGREGADO BRUTO DE MANUFACTURA Y PESCA - VALORES A PRECIOS CONSTANTES (ESTRUCTURA PORCENTUAL)	122
CUADRO 67: RESULTADOS EMISIONES DEL SECTOR DESECHOS.	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA EN TACNA.	19
FIGURA 2: ECUACIÓN BÁSICA PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GEI.	31
FIGURA 3: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).	44
FIGURA 4: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA AVIACIÓN CIVIL (1A3A).	48
FIGURA 5: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).	50
FIGURA 6: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O DE LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).	51
FIGURA 7: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA OTROS SECTORES (1A4).	55
FIGURA 8: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE OTROS USOS DE LOS CARBONATOS EN LOS PROCESOS.	62
FIGURA 9: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DE CH <sub>4</sub> , RESULTANTES DE FERMENTACIÓN ENTÉRICA.	69
FIGURA 10: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DE N <sub>2</sub> O RESULTANTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.	74
FIGURA 11: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N <sub>2</sub> O RESULTANTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.	75
FIGURA 12: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DIRECTAS DE N <sub>2</sub> O, RESULTANTES DE SUELOS GESTIONADOS.	79
FIGURA 13: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N <sub>2</sub> O, RESULTANTES DE SUELOS GESTIONADOS.	84
FIGURA 14: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL APROBADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> , APLICACIÓN CON UREA.	86
FIGURA 15: ÁRBOL DE DECISIONES GENÉRICO PARA ELECCIÓN DEL NIVEL PARA ESTIMACIONES DE BIOMASA (AÉREA Y SUBTERRÁNEA).	91
FIGURA 16: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).	101
FIGURA 17: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A3B).	107
FIGURA 18: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).	112
FIGURA 19: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (5D2).	118

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD 2014 – 2021 EN LA REGIÓN TACNA.	17
GRÁFICO 2: VENTAS DE COMBUSTIBLES PARA AVIACIÓN 2014 – 2021 EN LA REGIÓN TACNA.	18
GRÁFICO 3: PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO 2014 – 2021 EN REGIÓN TACNA.	18
GRÁFICO 4: DEMANDA DE COMBUSTIBLES 2018 – 2023 EN LA REGIÓN DE TACNA.	19
GRÁFICO 5: DEPARTAMENTO DE TACNA: CRECIMIENTO DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, 2007-2022.	20
GRÁFICO 6: DEPARTAMENTO DE TACNA: ESTRUCTURA DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, SEGÚN RAMAS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICAS, 2021.	20
GRÁFICO 7: DEPARTAMENTO DE TACNA: CRECIMIENTO DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, SEGÚN RAMAS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICAS, 2021.	21
GRÁFICO 8: ESTABLECIMIENTOS CENSADOS DE GESTIÓN PRIVADA POR GRANDES ACTIVIDADES ECONÓMICAS, 2022.	21
GRÁFICO 9: MANUFACTURA: VAB POR AÑOS, DEPARTAMENTO DE TACNA, 2007 – 2022. VALORES A PRECIOS CONSTANTES 2007.	22
GRÁFICO 10: EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO, GAS, MINERALES Y SERVICIOS CONEXOS: VAB POR AÑOS, DEPARTAMENTO DE TACNA, 2007 – 2022. VALORES A PRECIOS CONSTANTES 2007.	23
GRÁFICO 11: VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA PARA LA REGIÓN TACNA.	25
GRÁFICO 12: SUPERFICIE DE CULTIVOS DE OLIVO (2011-2021).	26
GRÁFICO 13: SUPERFICIE DE CULTIVOS FRUTALES 2011-2021.	27
GRÁFICO 14: HOGARES QUE USAN CARBÓN Y/O LEÑA EN LA REGIÓN TACNA.	28
GRÁFICO 15: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN TACNA, 2014 – 2021.	29
GRÁFICO 16: RESULTADOS EMISIONES DEL SECTOR ENERGÍA.	59
GRÁFICO 17: RESULTADOS DE EMISIONES PARA EL SECTOR PIUP.	67
GRÁFICO 18: DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR CATEGORÍAS GEI DEL SECTOR AGRICULTURA, 2021.	89
GRÁFICO 19: RESULTADOS DE EMISIONES PARA EL SECTOR UTCUTS.	98
GRÁFICO 20: FORMAS DE ELIMINACIÓN SANITARIA DE EXCRETAS – URBANO, 2021.	116
GRÁFICO 21: FORMAS DE ELIMINACIÓN SANITARIA DE EXCRETAS – RURAL, 2021.	117
GRÁFICO 22: RESULTADOS EMISIONES DEL SECTOR DESECHOS.	123
GRÁFICO 23: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES POR SECTORES EN EL 2021 DEL DEPARTAMENTO DE TACNA.	124
GRÁFICO 24: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES POR TIPO DE GEI DE LA REGIÓN DE TACNA, 2021.	125
GRÁFICO 25: DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES GEI POR SECTOR Y FUENTES DE EMISIÓN PRINCIPALES, AÑO 2021.	127

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL Y DEMOGRÁFICA (CENSO 2017)	16
TABLA 2: VAB A PRECIOS CONSTANTES DEL 2007 DEL SECTOR MANUFACTURA, SEGÚN CLASE DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, 2021.	22
TABLA 3: EXTRACCIÓN MINERA NO MÉTALICA 2021.	23
TABLA 4: PRODUCCIÓN MINERA METÁLICA 2021.	24
TABLA 5: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL DEPARTAMENTO DE TACNA 2021.	24
TABLA 6: PRODUCCIÓN PECUARIA DEL DEPARTAMENTO DE TACNA 2021.	25
TABLA 7: CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR MINERO.	45
TABLA 8: CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIA.	45
TABLA 9: VALOR AGREGADO BRUTO DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO, GAS, MINERALES Y SERVICIOS CONEXOS, Y MANUFACTURA (ESTRUCTURA PORCENTUAL).	45
TABLA 10: PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN LA REGIÓN DE TACNA.	63
TABLA 11: MASA PROMEDIO SEGÚN TIPO DE LADRILLO.	64
TABLA 12: FACTOR DE EMISIÓN UTILIZADO EN LA ESTIMACIÓN DE LA SUBCATEGORÍA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.	64
TABLA 13: RESULTADOS DE EMISIONES DEL GEI DEL SECTOR PIUP.	66
TABLA 14: POBLACIÓN ANUAL DE ANIMALES VIVOS EN LA REGIÓN.	71
TABLA 15: POBLACIÓN ANUAL DE ANIMALES VIVOS EN LA REGIÓN.	71
TABLA 16: POBLACION DE VACAS EN ORDEÑO.	71
TABLA 17: PERIODO DE VIDA DE AVES QUE SON SACRIFICADAS ANTES DE CUMPLIR 12 MESES.	71
TABLA 18: PERIODO DE VIDA DE ESPECIES GANADERAS QUE VICEN MENOS DE 1 AÑO.	71
TABLA 19: AVES DE CORRAL POR CATEGORÍA.	72
TABLA 20: POBLACIÓN DE VACUNOS POR CATEGORÍA.	72
TABLA 21: POBLACIÓN DE VACUNOS POR CATEGORÍA.	72
TABLA 22: FACTOR DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA POR CLASE DE GANADO VACUNO.	73
TABLA 23: FACTOR DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA POR CLASE DE GANADO VACUNO.	73
TABLA 24: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL.	77
TABLA 24: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL POR ESPECIES, EN LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL.	77
TABLA 26: FACTOR DE EMISIÓN PARA EMISIOES DE CH <sub>4</sub> PROVENIENTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.	77
TABLA 27: FACTOR DE EMISIÓN PARA EMISIOES DIRECTA DE N <sub>2</sub> O POR MANEJO DE ESTIÉRCOL.	78
TABLA 28: CANTIDAD ANUAL IMPORTADA DE PRINCIPALES FERTILIZANTES NITROGENADOS.	81
TABLA 29: SUPERFICIE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS POR DEPARTAMENTO Y A NIVEL NACIONAL.	81
TABLA 30: SUPERFICIE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS.	82
TABLA 31: PRODUCCIÓN ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS.	82
TABLA 32: FACTORES DE EMISIÓN DE EMISIONES DIRECTAS DE N <sub>2</sub> O DE SUELOS AGRÍCOLAS	83
TABLA 33: FACTORES DE EMISIÓN INDIRECTA DE N <sub>2</sub> O DE SUELOS GESTIONADOS (3D2).	85
TABLA 34: CANTIDAD ANUAL IMPORTADA DE UREA	87
TABLA 35: SUPERFICE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS EN EL DEPARTAMENTO Y ANIVEL NACIONAL.	87
TABLA 36: FACTOR DE EMISIÓN PARA APLICACIÓN DE UREA.	88
TABLA 37: RESULTADOS DE EMISIONES DEL GEI DEL SECTOR DE AGRICULTURA.	88
TABLA 38: DATOS PARA ESTIMAR EL VOLUMEN DE LEÑA.	93
TABLA 39: SUPERFICIES INSTALADAS CON CULTIVOS PERMANENTES LEÑOSOS PARA LOS AÑOS 2020 Y 2021.	94
TABLA 40: SUPERFICIES EN CRECIMIENTO Y LAS SUPERFICIES QUE SE PIERDEN O RENUEVAN.	95
TABLA 41: SUPERFICIE DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES PARA LA REGIÓN TACNA, SEGÚN PROVINCIAS.	96
TABLA 42: EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA REGIÓN TACNA, 2021.	125
TABLA 43. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES DE LA REGIÓN DE TACNA, 2021.	128

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
AAP	Asociación Automotriz de Perú
AAP	Aeropuertos Andinos del Perú
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
B <sub>0</sub>	Capacidad Máxima de Producción del Metano
BNE	Balance Nacional de Energía
BCRP	Banco Nacional de Reserva del Perú
BLS	Barriles
C	Carbono
CC	Control de Calidad
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CH <sub>4</sub>	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático
COD	Compuesto Orgánico Degradable
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de Carbono equivalente
COS	Carbono Orgánico del Suelo
DEA	Dirección de Estadística Agraria
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGRS	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DMGEI	Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DRAT	Dirección Regional de Agricultura
EEA	Encuesta Económica Anual
ENAH0	Encuesta Nacional de Hogares
EPS	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
ERCC	Estrategia Regional de Cambio Climático
ESA	Agencia Espacial Europea (European Space Agency)
EVP	Establecimiento de Venta al Público
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAP	Fuerza Aérea del Perú
FE	Factor de Emisión
FOD	Descomposición de primer orden
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNV	Gas Natural Vehicular
GgCH <sub>4</sub>	Gigagramos de Metano
GgCO <sub>2</sub> eq	Gigagramos de Dióxido de Carbono equivalente
GgN <sub>2</sub> O	Gigagramos de Óxido Nitroso
GPC	Generación Per Cápita
HFC	Hidrofluorocarbonos
PFC	Perfluorocarbonos
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática

INFOCARBONO	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IRGEI	Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MCF	Factor de Corrección del Metano
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINSA	Ministerio de Salud
MOM	Materia Orgánica Muerta
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
MYPE	Micro y Pequeña Empresa
MIPYME	Micro, Pequeña y Mediana Empresa
N	Nitrógeno
NAMA	Medidas de Mitigación Apropriadas para cada País
NDC	Contribuciones Nacionales Determinadas
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OGEIEE	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos
OGPP	Oficina General de Planeamiento y Presupuesto
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
OT	Otras Tierras
P	Pastizales
P-frac	Fracción de la Población que quema residuos
PBI	Producto Bruto Interno
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos
PRODUCE	Ministerio de la Producción
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
RSM	Residuos Sólidos Municipales
ROT	Residuos Orgánicos Totales
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SBS	Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras de Fondos de Pensiones
SCOP	Sistema de Control de Órdenes de Pedido de Combustibles
SEDS	Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SGGA	Sub Gerencia de Gestión Ambiental
SIAF	Sistema Integrado de Administración Financiera
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGERSOL	Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SME	Sistema de Manejo de Estiércol

SPCC	Southern Peru Copper Corporation
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria
TC	Tierras de Cultivo
TJ	Tera Joules
TCTC	Tierras de Cultivo que permanecen como Tierras de Cultivo
TF	Tierras Forestales
TFTF	Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
VAB	Valor Agregado Bruto

PRELIMINAR

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

En marco de la Ley N°30754, Ley Marco sobre Cambio Climático, en la cual establece al Ministerio del Ambiente como ente rector de la implementación de la gestión del cambio climático en los tres niveles de gobierno, facultando al Gobierno Regional de Tacna como ente en materia del cambio climático dentro de su jurisdicción.

El MINAM publicó lineamientos metodológicos para la formulación y actualización de las Estrategia Regional de Cambio Climático (ERCC) aprobado mediante Resolución Ministerial. N°152-2021-MINAM donde se requiere la identificación de las fuentes potenciales de emisiones de GEI que se producen en su territorio, en concordancia con los lineamientos metodológicos señalados en el Decreto Supremo. N° 013-2014-MINAM que aprueba las disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

La elaboración del Inventario Regional implica la aplicación de la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, además de tomar en cuenta las características del departamento respecto a sus actividades económicas y/o productivas, buscando guardar consistencia con el INGEI. Los sectores que deben de formar parte de los Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero (IRGEI) son: sector Energía, el sector Procesos industriales y Uso de Productos (PIUP), el sector Agricultura, el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), y el sector Desechos, estos inventarios deben de elaborarse por los Gobiernos Regionales y en acompañamiento técnico del MINAM.

Es por ello que el Gobierno Regional de Tacna, a través del proyecto de inversión "Mejoramiento de lo y Servicios Operativos o Misionales Institucionales en la Sub Gerencia de Gestión Ambiental del Gobierno Regional de Tacna, Distrito de Tacna de la Provincia de Tacna del Departamento de Tacna" con CUI N° 2617548, ha elaborado el IRGEI, siguiendo lo establecido por las Pautas para la Elaboración de Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero establecidas por el MINAM, tomándose como año base 2021 para su análisis, según lo recomendado por la Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (DMGEI) del MINAM.

El Inventario Regional de GEI muestra las estimaciones de las emisiones y remociones de GEI para la región Tacna en los cinco (05) sectores establecidos en las pautas proporcionadas por el MINAM.

- El sector Energía, Agricultura, UTCUTS y Desechos se describe el proceso y los resultados de las estimaciones de emisiones de GEI; tales como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O fuentes de emisiones generados en el departamento de Tacna.
- El sector PIUP, se describe el proceso y los resultados de las estimaciones de emisiones de GEI, siendo el CO<sub>2</sub> la única fuente de emisión generado en el departamento de Tacna.

El presente inventario, contribuye a la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) del Perú, que establecen compromisos internacionales para reducir las emisiones de GEI y aumentar la resiliencia frente al cambio climático. Asimismo, representa un hito importante para la gestión de GEI de la región de Tacna, por ser el primer inventario de emisiones y remociones de GEI, resultado del trabajo en conjunto del grupo técnico del Gobierno Regional de Tacna y el Ministerio del Ambiente, quienes han brindado asistencia técnica durante su elaboración; y la participación de los representantes del Grupo de Trabajo de la ERCC.

## 1.2 IMPORTANCIA DEL INVENTARIO DE GEI

El inventario regional de emisiones de GEI, no solo da cumplimiento a la Ley Marco sobre Cambio Climático, y al Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM, sino también a la Resolución Ministerial N° 152-2021-MINAM, donde se indica que la ERCC necesita de la identificación de las fuentes potenciales de emisiones de GEI que se producen en su territorio. Es así, que el IRGEI es resultado de una serie de implementaciones y disposiciones, las cuales forman parte del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación del Perú.

El IRGEI 2021 es importante para evaluar el nivel de las emisiones y hacer un seguimiento efectivo de la implementación de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional y Regional. Por ende, la realización del IRGEI constituye un valioso aporte al generar información para la toma de decisiones que encamine a la región Tacna hacia la ERCC con miras al 2050.

## 1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL INVENTARIO

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el Inventario Regional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IRGEI) de Tacna para el año base 2021, aplicando las Directrices del IPCC 2006 y los lineamientos metodológicos establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM), con el fin de cuantificar las emisiones y remociones de GEI provenientes de las principales actividades económicas y productivas de la región.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las principales fuentes de emisiones y sumideros de GEI en las actividades económicas y productivas de la región de Tacna, basándose en las metodologías recomendadas por las Directrices del IPCC 2006 y las pautas del MINAM.
- Recopilar y procesar los datos de actividad para estimar las emisiones y remociones de GEI, asegurando la calidad y consistencia de la información mediante la colaboración con entidades regionales y nacionales.
- Calcular las emisiones y remociones de GEI utilizando factores de emisión y metodologías específicas por sector, alineadas con los estándares del IPCC y del MINAM, garantizando la coherencia con los inventarios nacionales.
- Analizar los resultados obtenidos, identificando los sectores que generan las mayores emisiones en la región y las oportunidades para su mitigación, como parte del proceso para informar la toma de decisiones estratégicas a nivel regional.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN TACNA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y DEMOGRÁFICAS

La región de Tacna se localiza en el extremo sur del Perú, limitando al norte con Moquegua, al este con Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el océano Pacífico. Se encuentra entre los paralelos 16°58' y 18°20' de latitud sur y los meridianos 69°28' y 71°02' de longitud oeste. Esta ubicación le otorga una mezcla de zonas geográficas entre la costa y la sierra, con características climáticas diversas. La altitud en la región varía desde los 562 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Tacna hasta más de 3,000 metros en otras áreas de la región.

En cuanto a su territorio, la superficie total de Tacna es de 16,075.9 km<sup>2</sup>. Esta área está dividida en cuatro provincias: Tacna, Tarata, Candarave y Jorge Basadre, que en conjunto comprenden 28 distritos. Según las proyecciones para el año 2023, la población total de la región asciende a 390,279 habitantes, lo que da una densidad poblacional promedio de 24.3 habitantes por kilómetro cuadrado.

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL Y DEMOGRÁFICA (CENSO 2017)

PROVINCIA	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	POLACIÓN (2017)	DENSIDAD POBLACIONAL (HAB/KM <sup>2</sup> )
Tacna	8,066.1	364,799	45.2
Candarave	2,261.1	6,037	2.7
Jorge Basadre	2,928.7	13,359	4.6
Tarata	2,820.0	6,084	2.2

Fuente: INEI – Tacna, Compendio Estadístico 2023.

La población de Tacna está concentrada mayoritariamente en áreas urbanas, con un 90.1% de los habitantes viviendo en estas zonas, mientras que solo el 9.9% reside en áreas rurales. La tasa de crecimiento intercensal anual es de 1.32%, reflejando un aumento sostenido en la urbanización de la región.

### 2.1.1 CLIMA Y RECURSOS HÍDRICOS

El clima de la región de Tacna es variado debido a su geografía. En la zona costera predomina un clima árido, mientras que en las zonas altas de la sierra el clima es más frío. Las temperaturas varían entre los 12°C y 30°C, siendo enero y febrero los meses más cálidos.

La región cuenta con cuatro ríos principales: Caplina, Sama, Uchusuma y Locumba, que abastecen de agua a gran parte de la población. Según datos del 2022, los caudales promedio anuales de estos ríos son relativamente bajos, lo que implica una gestión cuidadosa de los recursos hídricos.

## 2.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS RELEVANTES

### 2.2.1 DATOS RELEVANTES PARA EL SECTOR ENERGÍA

Los informes Síntesis de Actividad Económica de Tacna del Banco Central de Reserva del Perú - Sucursal Arequipa, brindan información sobre las actividades económicas clave en la región de Tacna. Los informes destacan que los sectores primarios, en particular la minería, la pesca y la agricultura, desempeñan un papel crucial en la economía de la región. El desempeño de estos sectores puede variar, experimentando crecimiento y contracciones. Los informes proporcionan de manera detallada los volúmenes de producción y las tasas de crecimiento de estos sectores primarios, ofreciendo una comprensión completa de sus contribuciones económicas.<sup>1</sup>

#### 2.2.1.1 Indicador de la Actividad Económica

El Indicador de Actividad Económica tiene carácter parcial de corto plazo y busca medir el desenvolvimiento de la economía regional, a partir de la evolución de la actividad de los principales sectores. En el año 2021, la actividad productiva de Tacna creció en 3.2%, sustentado en el resultado favorable de los sectores Construcción (31.1%); Comercio (17.1%); Transporte, Almacenamiento, Correo y Mensajería (15.3%); Otros Servicios de Información (10,0%); Telecomunicaciones (4.4%); Administración Pública y Defensa

<sup>1</sup> Síntesis de Actividad Económica de Tacna – Enero 2022

(3.5%) y Electricidad, Gas y Agua (0.2%). En tanto, disminuyeron los sectores Minería e Hidrocarburos (-5.3%) y Agropecuario (-3.3%).<sup>2</sup>

### 2.2.1.2 Población Económicamente Activa

Respecto a la PEA, los resultados del Censo del 2017 revelan que en el departamento de Tacna existen 192 832 personas, que participan generando un bien económico o prestando algún servicio, lo que representa el 94.3% de la PEA, 11 692 personas se encuentran desempleados, es decir, el 5.7% de la PEA.<sup>3</sup>

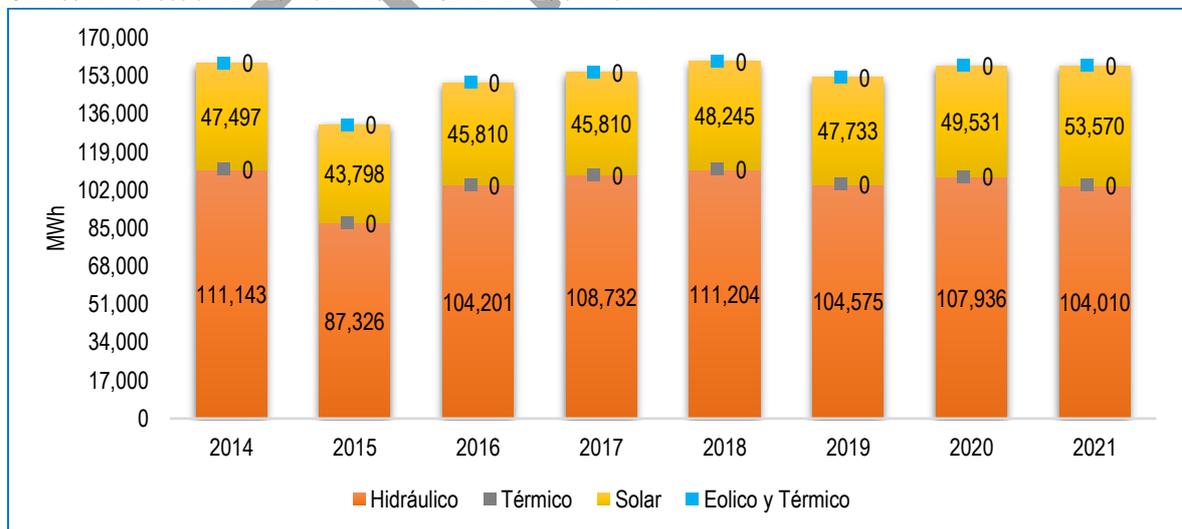
### 2.2.1.3 Energía o Combustible Usado para Cocinar

El 84.7% de los hogares utiliza gas (balón GLP) para cocinar sus alimentos, el 17.3% emplea leña y el 3.3% utiliza electricidad. En menor proporción usan carbón, bosta, estiércol y otros con 2.8%; mientras que los hogares que no cocinan representan el 3.1%. Se observa que en el área urbana predomina el uso del gas (balón GLP) con 89.9% de hogares, seguido de la leña con 9.3% de hogares y electricidad con 3.7% de hogares; mientras que el carbón con 1.9% de hogares es lo que menos se utiliza. En el área rural el 73.3% de los hogares usa leña para cocinar sus alimentos, seguido del gas (balón GLP) con el 47.5%.

### 2.2.1.4 Producción de Electricidad

La generación de electricidad en el departamento se basa principalmente en fuentes de energía renovable, con una predominancia de centrales hidroeléctricas y un aporte creciente de la energía solar fotovoltaica, ambas destinadas a la venta en el mercado eléctrico. La autogeneración de electricidad para uso propio es marginal en comparación. La matriz energética del departamento no incluye la generación de energía eléctrica a partir de fuentes térmicas, ni tampoco se cuenta con parques eólicos operativos en la región. En el Gráfico 1, se aprecia la producción de electricidad desde el año 2014 al 2021 en la región Tacna.

GRÁFICO 1: PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD 2014 – 2021 EN LA REGIÓN TACNA.



Fuente: Anuarios Estadísticos de Electricidad – MINEM.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

<sup>2</sup> Informe Técnico N° 01 - Indicador de la Actividad Productiva Departamental: IV Trimestre 2021

<sup>3</sup> Perú: Participación de la Población en la Actividad Económica, 2017 - III. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR CONDICIÓN DE OCUPACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OCUPADA

### 2.2.1.5 Transporte

#### TRANSPORTE AÉREO

El departamento de Tacna cuenta con infraestructura aeroportuaria compuesta por el Aeropuerto Internacional Coronel FAP Carlos Ciriani Santa Rosa, con capacidad para operaciones comerciales, domésticas y también presta servicio a vuelos privados desde y hacia otras ciudades a nivel Nacional e Internacional. El análisis de consumo de combustible en el 2021 revela una demanda anual de combustibles en Turbo A1 (TA1) en la actividad aeronáutica. En el Gráfico 2, se muestra las ventas de combustibles de aviación para el periodo del 2014 al 2021.

**GRÁFICO 2:** VENTAS DE COMBUSTIBLES PARA AVIACIÓN 2014 – 2021 EN LA REGIÓN TACNA.



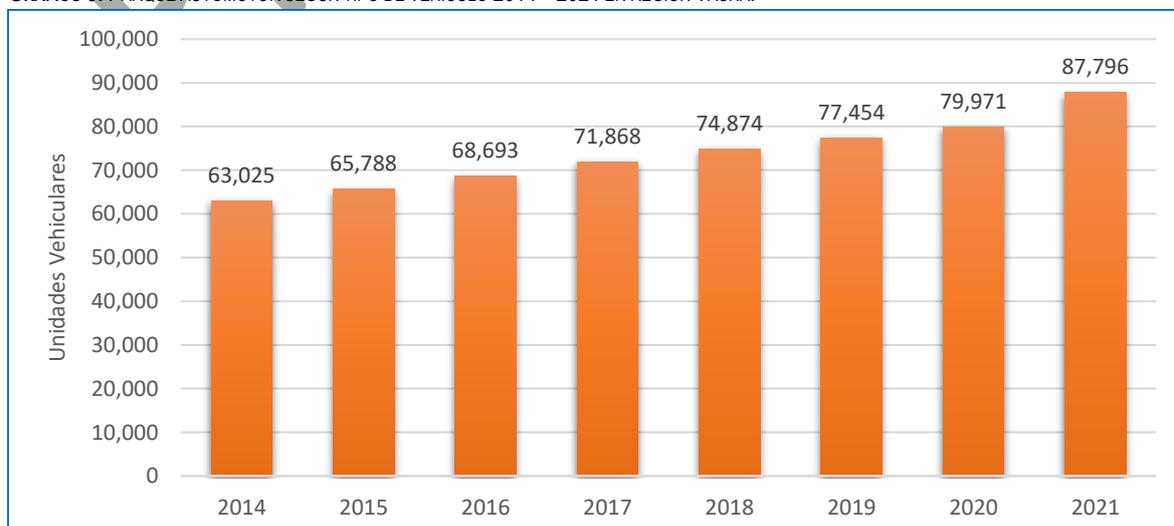
Fuente: OSINERGMIN.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### TRANSPORTE TERRESTRE

El parque automotor, según la información proporcionada por la Asociación Automotriz del Perú - AAP, al 2021 en Tacna se estimó 87 796 unidades circulantes que representa el 2.7% del dato reportado a nacional para ese mismo periodo como se presenta en el Gráfico 3. Según la clase de vehículos, el 37% del parque estuvo compuesto por automóviles, seguido del 27% camionetas y el 22% de station wagon, entre los principales.

**GRÁFICO 3:** PARQUE AUTOMOTOR SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO 2014 – 2021 EN REGIÓN TACNA.

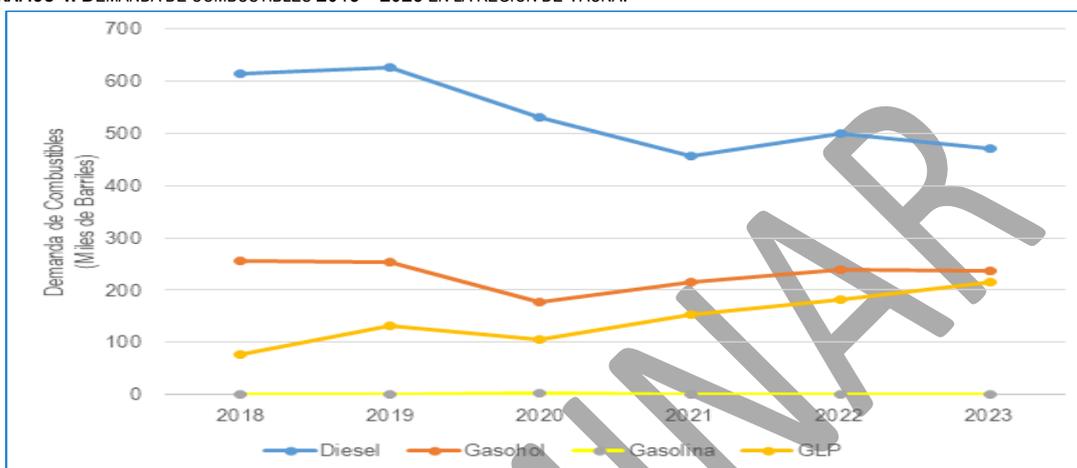


Fuente: AAP.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Los combustibles predominantes durante el periodo de análisis según información de OSINERGMIN - Tacna, fueron la gasolina, el gaseohol y el diésel, siendo este último el de mayor consumo. El gas natural vehicular (GNV) presentó una participación marginal debido a que hasta la fecha no hay ninguna estación de servicio que haya iniciado operaciones al 2021. La representatividad del consumo energético por tipo de combustible en dicho periodo se detalla en el Gráfico 4.

**GRÁFICO 4:** DEMANDA DE COMBUSTIBLES 2018 – 2023 EN LA REGIÓN DE TACNA.



Fuente: OSINERGMIN.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### TRANSPORTE FERROVIARIO

Como se muestra en la Figura 1, existe una red ferroviaria importante, el Ferrocarril Tacna-Arica público no concesionado que es propiedad del Estado Peruano, asignada al Gobierno Regional de Tacna. Al 2021 no registró operaciones por las disposiciones establecidas en la R.M. N.º 239-2020-MINSA y sus modificatorias.

**FIGURA 1:** INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA EN TACNA.



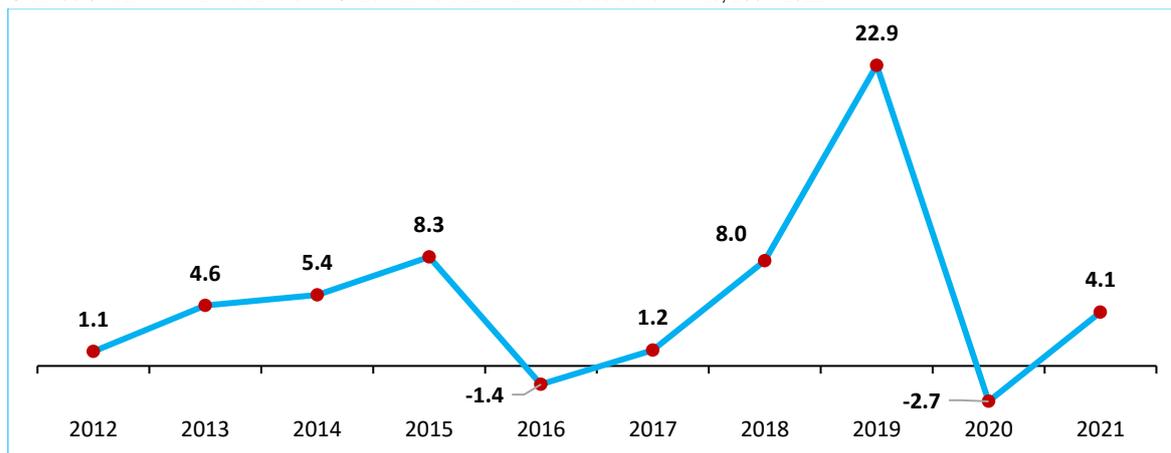
Fuente: Anuario Estadístico 2022 del MTC.

## 2.2.2 DATOS RELEVANTES PARA EL SECTOR PIUP

El Valor Agregado Bruto en Tacna registró la cifra de 8 853 000 000 de soles en el año 2021, cifra que se incrementó en 3 326 000 000 soles con relación al año 2012, lo cual reflejó un crecimiento promedio anual de 5.1% durante este periodo.

En el Gráfico 5, se presenta una tasa de crecimiento positiva del 4.1% respecto al VAB a precios constantes para el año 2021, lo que representa un aumento del 6.7 puntos porcentuales respecto del año 2020 registrando un valor de -2.7%, debido a la crisis económica ocasionada por la pandemia de la COVID19.

GRÁFICO 5: DEPARTAMENTO DE TACNA: CRECIMIENTO DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, 2007-2022.



Fuente: INEI – Perú: Producto Bruto Interno por departamentos 2007 – 2022.  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Para el año 2021, la estructura del VAB de Tacna según las ramas de actividad económica en orden de importancia se concentró en las actividades de extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos con un valor del 47.4%, siendo la más representativa, seguida de otros servicios con el 13.1%, comercio al 8.5%, construcción al 7.6%, agricultura al 5.1%, transporte al 4.9%, administración pública y defensa al 3.9%, telecomunicaciones al 3.6%, manufactura al 3.5%, alojamiento y restaurantes al 1.0%, electricidad al 0.8% y pesca con el 0.7%, como se presenta en el Gráfico 6.

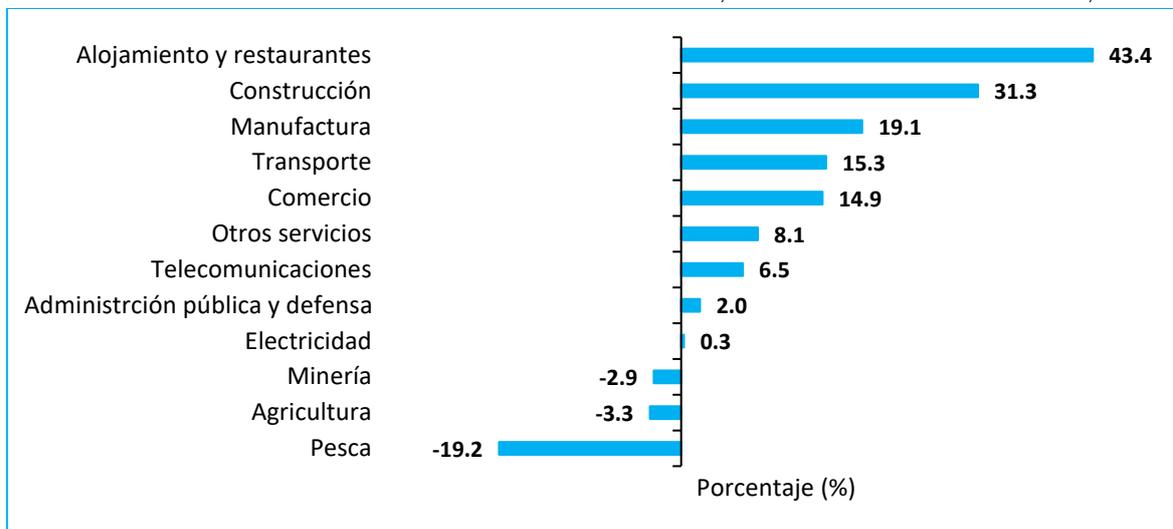
GRÁFICO 6: DEPARTAMENTO DE TACNA: ESTRUCTURA DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, SEGÚN RAMAS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICAS, 2021.



Fuente: INEI – Perú: Producto Bruto Interno por departamentos 2007 – 2022.  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En el Gráfico 7, se presenta el crecimiento favorable de la producción de 9 ramas de actividad económicas de un total de 12, que sustenta el crecimiento positivo del VAB para el departamento de Tacna registrado en el año 2021 respecto al año precedente.

**GRÁFICO 7:** DEPARTAMENTO DE TACNA: CRECIMIENTO DEL VAB A PRECIOS CONSTANTES, SEGÚN RAMAS DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICAS, 2021.

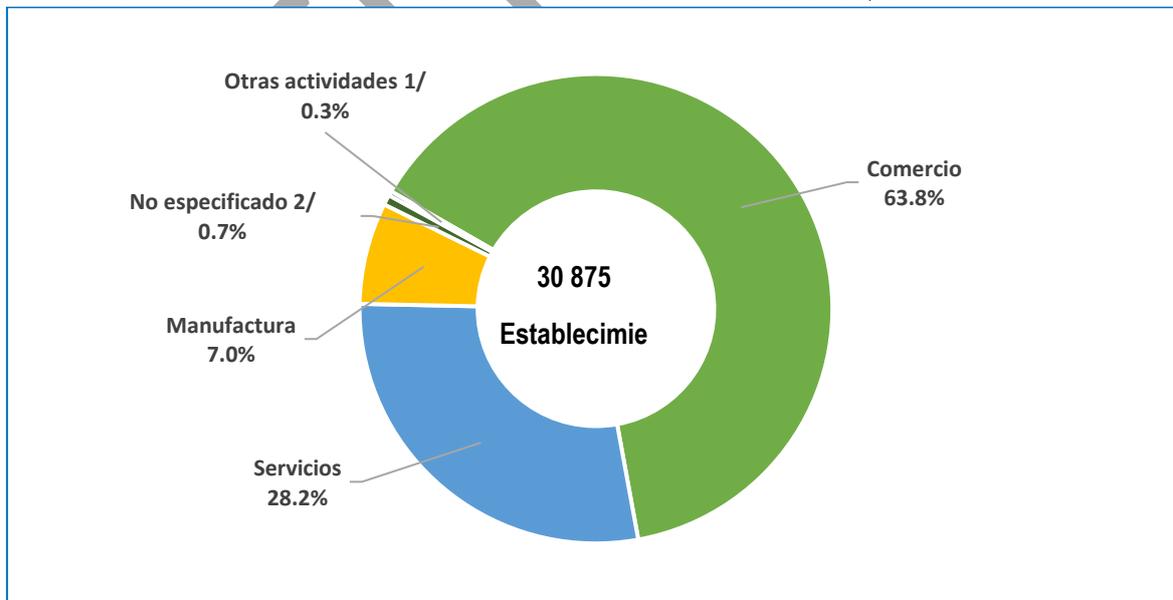


Fuente: INEI – Perú: Producto Bruto Interno por departamentos 2007 – 2022.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Según el V Censo Nacional Económico 2022 de establecimientos, en la región de Tacna se tiene un total de 30 875 establecimientos de gestión privada, que están distribuidas por grandes actividades económicas, siendo la actividad de comercio la principal actividad en la región de Tacna representando el 63.8%, seguida de la actividad de servicios con el 28.2%, manufactura al 7.0%, no especificado al 0.7%, y otras actividades con un valor del 0.3%, como se presenta en el Gráfico 8.

**GRÁFICO 8:** ESTABLECIMIENTOS CENSADOS DE GESTIÓN PRIVADA POR GRANDES ACTIVIDADES ECONÓMICAS, 2022.



Nota: Incluye a los establecimientos ubicados en el área urbana.

1/ Incluye: Pesca y Acuicultura, Minería y Construcción.

2/ Incluye a los establecimientos que no proporcionaron información.

Fuente: INEI – V Censo Nacional Económico 2022 – Censo Nacional de Establecimientos.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

El VAB de Tacna para el año 2021 de la actividad económica manufactura, presenta un crecimiento significativo con respecto a los años precedentes, con una cifra de 307 101 soles aproximadamente, como se presenta en el Gráfico 9.

**GRÁFICO 9:** MANUFACTURA: VAB POR AÑOS, DEPARTAMENTO DE TACNA, 2007 – 2022. VALORES A PRECIOS CONSTANTES 2007.



Nota: P/= Datos preliminares, E/= Datos estimados.

Fuente: INEI – Perú: Producto Bruto Interno por departamentos 2007 – 2022.

En la Tabla 2, se presenta el VAB de Tacna de la actividad económica manufactura, según clase para el año 2021, respecto a las actividades económicas vinculadas a las categorías del Sector PIUP, corresponden a la Fabricación metales comunes con el 12.5 %, fabricación de producción minerales no metálicos con el 6.4 % y fabricación de sustancias y productos químicos con el 5.3 %.

**TABLA 2:** VAB A PRECIOS CONSTANTES DEL 2007 DEL SECTOR MANUFACTURA, SEGÚN CLASE DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, 2021.

ACTIVIDAD ECONÓMICA	MILLONES DE SOLES	PORCENTAJE %
Elaboración de productos alimenticios	20 458	20.3
Elaboración de bebidas y productos del tabaco	5 046	5.0
Fabricación de textiles, prendas de vestir, cuero y calzado	6 842	6.8
Fabricación de madera y productos de madera	1 267	1.3
Fabricación de papel y productos de papel	2 885	2.9
Impresión y reproducción de grabaciones	1 919	1.9
Refinación de petróleo	9 268	9.2
Fabricación de sustancias y productos químicos	5 359	5.3
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	1 065	1.1
Fabricación de productos de caucho y plástico	3 857	3.8
Fabricación de productos minerales no metálicos	6 490	6.4
Fabricación metales comunes	12 616	12.5
Fabricación de productos metálicos diversos	5 813	5.8
Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	237	0.2
Fabricación de maquinaria y equipo	2 603	2.6
Construcción de material de transporte	3 782	3.7
Fabricación de muebles	3 952	3.9
Otras industrias manufactureras	7 556	7.5

Fuente: INEI – Tacna, Censo Estadístico 2023.

El VAB de Tacna para el año 2021 de la actividad económica extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos presenta un decrecimiento respecto al año 2020, con una cifra de 3 365 118 soles aproximadamente, como se presenta en el Gráfico 10.

**GRÁFICO 10:** EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO, GAS, MINERALES Y SERVICIOS CONEXOS: VAB POR AÑOS, DEPARTAMENTO DE TACNA, 2007 – 2022. VALORES A PRECIOS CONSTANTES 2007.



Nota: P/= Datos preliminares, E/= Datos estimados.

Fuente: INEI – Perú: Producto Bruto Interno por departamentos 2007 – 2022.

En la Tabla 3, se presenta la extracción de minerales no metálicos en la región de Tacna para el año 2021, tales como; sílice, hormigón, arcillas y arenisca/cuarcita, la cual favorece para el mercado nacional y extranjero. La arcilla ostento el primer lugar como mineral no metálico de mayor contribución regional (101 784.09 ton), siendo Mina Las Vegas E.I.R.L. la única empresa con aporte de este mineral. Es importante mencionar que, según su uso puede destinarse como materia prima de químicos y/o agroquímicos; y materiales destinados a la construcción.

**TABLA 3:** EXTRACCIÓN MINERA NO METÁLICA 2021.

TITULAR	UNIDAD MINERA	DISTRITO	PRODUCTO	ACUMULADO (ton)
Chura Cutipa Sipriano Víctor	Karla de Tacna	Pachía	Sílice	22 651.00
Condori Ccama Filomena	Marquito I	Ite	Hormigón	1 557.00
Condori Ccama Filomena	Marquito II	Locumba	Hormigón	5 961.00
Consorcio Minero Rosmar SCRL	Virgen De Las Peñas II	Palca	Arenisca/Cuarcita	10 299.13
Corporación R & V S.A.C.	Valentina R&V	Pachía	Hormigón	2 334.00
Empresa Minera Emilio Miguel SRL	Breno Miguel	Pachía	Sílice	12 676.00
Mina Las Vegas E.I.R.L.	Don Gabo	Inclán	Arcillas	18 727.21
Mina Las Vegas E.I.R.L.	San Jorgito I	Inclán	Arcillas	83 056.88
Roldán Todco Pedro Pablo	Halcon 2014	Palca	Sílice	8 739.17
Sociedad Minera María Cristina De Tacna SRL	María Cristina	Pachía	Arenisca/Cuarcita	14 545.39
Sucesión Indivisa Nina Conde Fortunato Demetrio	Veintitrés De Febrero	Palca	Arenisca/Cuarcita	11 799.58
Transportes Zúñiga SCRL	Arunta II	Pachía	Hormigón	4 454.66
Zúñiga Iriarte José Luis	Alonso III	Ite	Hormigón	3 292.15
Zúñiga Iriarte José Luis	Jonas 1	Calana	Hormigón	3 180.47

Fuente: MINEM, Anuario Minero 2021.

En la Tabla 4, se presenta la producción minera metálica en la región de Tacna para el año 2021, donde se registra los siguientes productos; cobre, oro, plata y molibdeno, representando con mayor aporte la producción de oro (2 144 928 gramos finos), siendo MINSUR S.A. la empresa con mayor representatividad en el subsector minero.

TABLA 4: PRODUCCIÓN MINERA METÁLICA 2021.

TITULAR	UNIDAD MINERA	DISTRITO	PRODUCTO	UNIDAD	ACUMULADO
SPCC Sucursal del Perú	Concentradora Toquepala	Ilabaya	Cobre	TMF	203 618.00
SPCC Sucursal del Perú	Planta De Lixiviación SX/EW Toquepala	Ilabaya	Cobre	TMF	22 150.00
SPCC Sucursal del Perú	Concentradora Toquepala	Ilabaya	Molibdeno	TMF	10 642.00
SPCC Sucursal del Perú	Concentradora Toquepala	Ilabaya	Oro	Gr. Finos	132 175.00
MINSUR SA	Concesión De Beneficio Pucamarca	Palca	Oro	Gr. Finos	2 144 928.00
SPCC Sucursal del Perú	Concentradora Toquepala	Ilabaya	Plata	Kg. Finos	83 392.00
MINSUR SA	Concesión De Beneficio Pucamarca	Palca	Plata	Kg. Finos	2 881.00

Nota: TMF = toneladas métricas finas.

Fuente: MINEM, Anuario Minero 2021.

### 2.2.3 DATOS RELEVANTES PARA EL SECTOR AGRICULTURA

El sector Agricultura juega un papel importante en la economía del departamento de Tacna. La exportación a otros mercados de productos como la aceituna, orégano y cebolla no solo generan ingresos significativos para la región, sino que también posiciona a Tacna como un importante productor agrícola a nivel nacional, siendo una de las principales fuentes de empleo en la región.

En el año 2021 la producción agrícola tuvo un crecimiento de 1.5% en relación al periodo 2020, impulsado principalmente por la mayor oferta en productos agrícolas tales como naranja, sandía, camote, ají amarillo y papa. Por otro lado, también se observó un decrecimiento en la producción de otros cultivos como el ají panca, aceituna, uva, maíz choclo, manzana y maíz chala. A pesar del crecimiento en general, es importante destacar que los productos agrícolas con mayor producción total este año, fueron alfalfa, aceituna, sandía, naranja, zapallo, ají y cebolla. En la siguiente Tabla 4 se presenta la producción agrícola de la región de Tacna para el año 2021

TABLA 5: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL DEPARTAMENTO DE TACNA 2021.

PRODUCTO AGRÍCOLA	Total (ton)
Aceituna	105 473
Zapallo	15 914
Sandía	20 662
Cebolla	11 927
Ají	12 540
Orégano	9 859
Tomate	9 630
Papa	9 930
Naranja	16 811
Uva	6 005
Camote	4 968
Melón	2 693
Maíz choclo	2 235
Manzana	2 002
Maíz amiláceo	1 916
Ají panca	1 312
Alfalfa	284 975
Maíz Chala	2 235
Otros	124 980

Fuente: Dirección Regional de Agricultura – Agencia Agraria 2021

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En cuanto a la producción pecuaria, se evidencia que el departamento de Tacna predomina principalmente la producción avícola, seguido del porcino y también en menor medida, la producción vacuno y ovino, como se presenta en la Tabla 6.

**TABLA 6:** PRODUCCIÓN PECUARIA DEL DEPARTAMENTO DE TACNA 2021.

PRODUCTO PECUARIO	Total (ton)
Ave	19 859
Ovino	197
Porcino	2 827
Vacuno	986

Fuente: INEI - Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos, 2007 – 2022.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

## 2.2.4 DATOS RELEVANTES PARA EL SECTOR UTCUTS

### 2.2.4.1 Cambios de Uso de los Suelos

Debido al crecimiento de las áreas urbanas (áreas artificializadas), estas comprenden las áreas de las ciudades y las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales y recreativos.

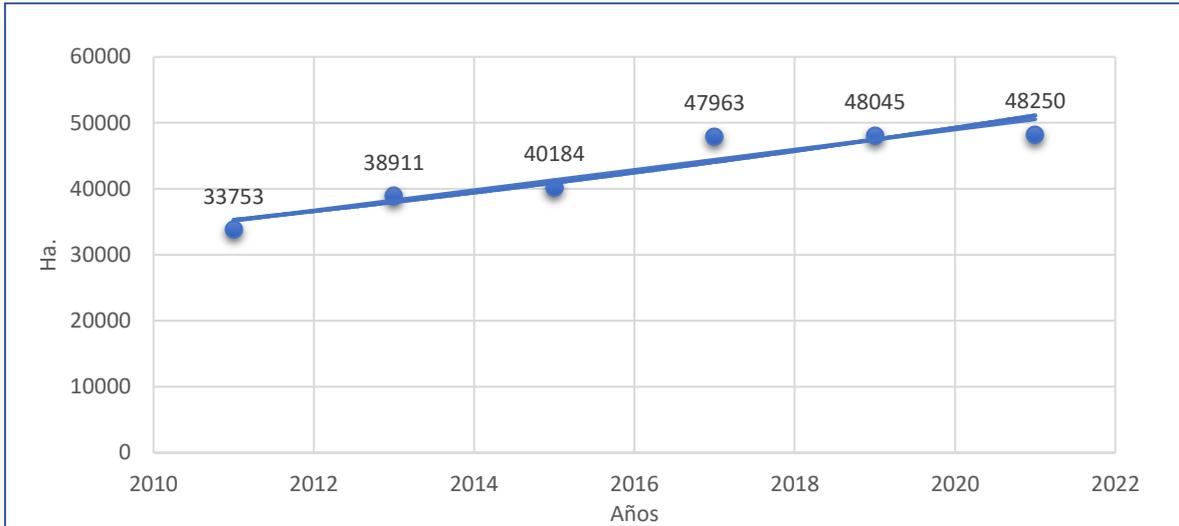
Esto se puede evidenciar debido al crecimiento vertiginoso en los últimos años, pasando así de ocupar 14 130.98 hectáreas el año 2000, a ocupar una superficie de 22 464.14 al año 2017, lo que implica un crecimiento de 58.97 % de la misma y una tasa anual de 2.67 %, la misma que incluso supera al crecimiento demográfico de la región.

### 2.2.4.2 Superficie Agrícola

La Superficie Agrícola de la región Tacna también ha experimentado en los últimos años un crecimiento expansivo, desde tener una superficie de 33 753 hectáreas al año 2011 a 48 045 hectáreas en el año 2020, el incremento de la superficie agrícola se encuentra focalizado en la zona costera del departamento, específicamente en el Distrito de La Yarada-Los Palos en el cual se ha apreciado un significativo incremento de los predios allí instalados.

Estos predios productos de la inicial ocupación y posterior posesión de asociaciones y grupos poblacionales ha supuesto el incremento de la demanda hídrica y generado un significativo desbalance en la disposición del acuífero que abastece a la zona. A la par se aprecia un desdoblamiento de las áreas agrícolas ubicadas en las zonas andinas de la región Tacna, a partir de la disminución del caudal de las cuencas hídricas que discurren por la zona. En el Gráfico 11, se muestra el incremento de las superficies agrícolas para la región Tacna, en un periodo de diez (10) años.

**GRÁFICO 11:** VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA PARA LA REGIÓN TACNA.



Fuente: Serie Histórica Agricultura 2011-2021. (DEA, 2022).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 2.2.4.3 Variaciones en Cultivos Permanentes Leñosos

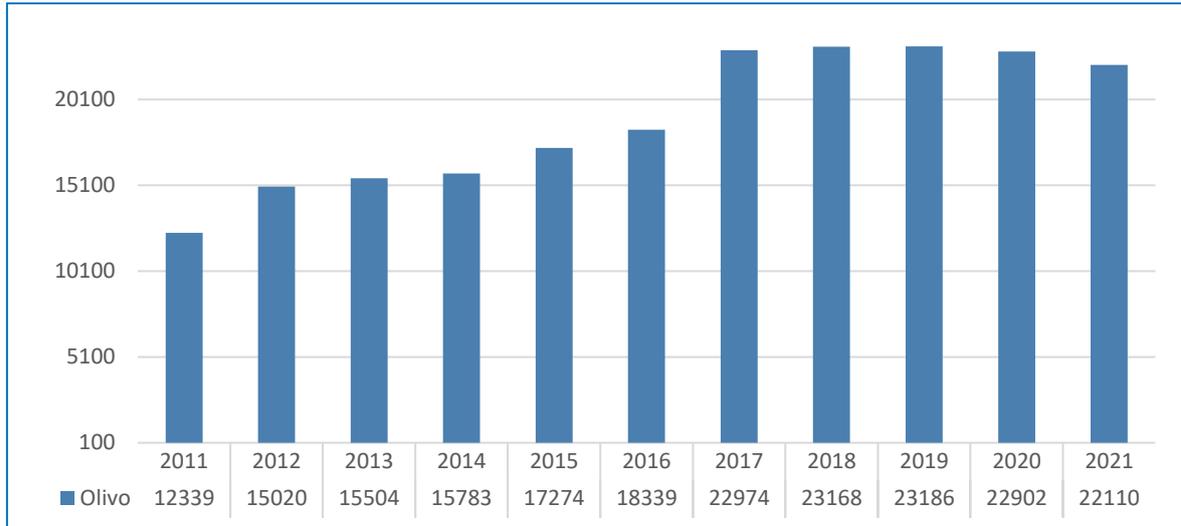
Los cultivos leñosos son especies de tipo permanentes arbórea y herbácea, este tipo de cultivos como el olivo, vid, naranjo, durazno, manzano, pero, palto, granado, entre otros, que se desarrollan en el departamento debido a las condiciones climáticas que se presentan en la región; como el suelo, calidad de agua y disponibilidad del recurso hídrico.

El cultivo de olivo (*Olea europaea*) tiene especial importancia en la región Tacna, ya que su producción otorga grandes beneficios económicos. Esta importancia se evidencia en la serie histórica proporcionada por la Dirección Regional de Agricultura, donde las áreas de cultivo se incrementaron en 4 635 ha. en los años 2016-2017, esto debido al crecimiento del mercado nacional e internacional para la aceituna tacneña.

Además, se evidencia un decaimiento en los años 2020 - 2021 con una pérdida de 792 ha., esta variación en la superficie del cultivo, según referencia la Agencia Agraria Tacna se debió al crecimiento del mercado inmobiliario, estas empresas adquirieron terrenos a propietarios con títulos y cultivos en producción de olivo, derivando en el cambio de uso de la tierra, pasando a ser nuevas áreas urbanizadas.

El Gráfico 12, se muestra la serie historia de los años 2011 al 2021 para el cultivo de olivo, mostrando variaciones en la superficie que ocupaba dicho cultivo en el rango de años antes mencionado.

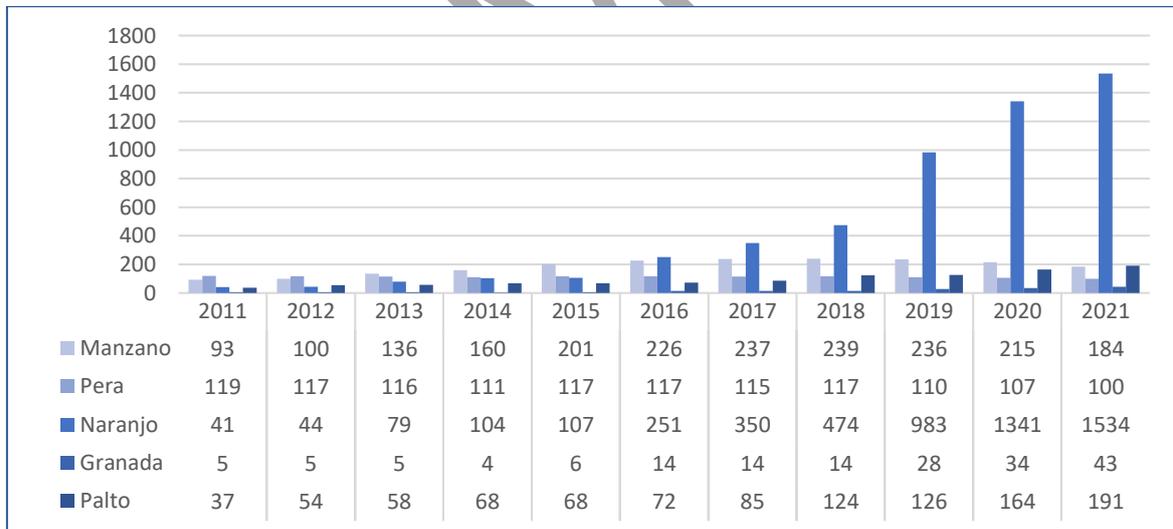
**GRÁFICO 12: SUPERFICIE DE CULTIVOS DE OLIVO (2011-2021).**



Fuente: Serie Histórica Agricultura 2011-2021. (DEA, 2022) y (DEA, 2021).  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Los cultivos frutales se han venido impulsando en la región desde el año 2016 debido a proyectos de inversión pública y/o privada. Estas inversiones se realizaron conjuntamente con agricultores de diversas zonas de la región Tacna como; Cinto, Locumba, Ilabaya, Ite, Sama, La Yarada – Los Palos y Calana, ocasionando el incremento de la frontera agrícola y aumentando la capacidad de absorciones de gases de efecto invernadero.

**GRÁFICO 13: SUPERFICIE DE CULTIVOS FRUTALES 2011-2021.**



Fuente: Serie Histórica Agricultura 2011-2021. (DEA, 2022) y (DEA, 2021).  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Como se puede evidenciar en el Gráfico 13, el cultivo de naranja presenta un crecimiento exponencial, este crecimiento se da por iniciativa de agricultores que vieron en el cultivo mayor rentabilidad en comparación con el cultivo de olivo. Derivando así en cambios de cultivo, ocasionando la tala de árboles de olivo y en consecuencia la generación de subproductos como carbón vegetal. Cabe mencionar que debido al crecimiento desmedido del cultivo de naranja la Municipalidad Distrital de la Yarada los Palos en el año 2021 inició la ejecución del proyecto “Mejoramiento de las Capacidades y Asistencia Para El Cultivo y Producción de la Naranja”, con la finalidad de estandarizar el producto, procesamiento, asociatividad y mercado.

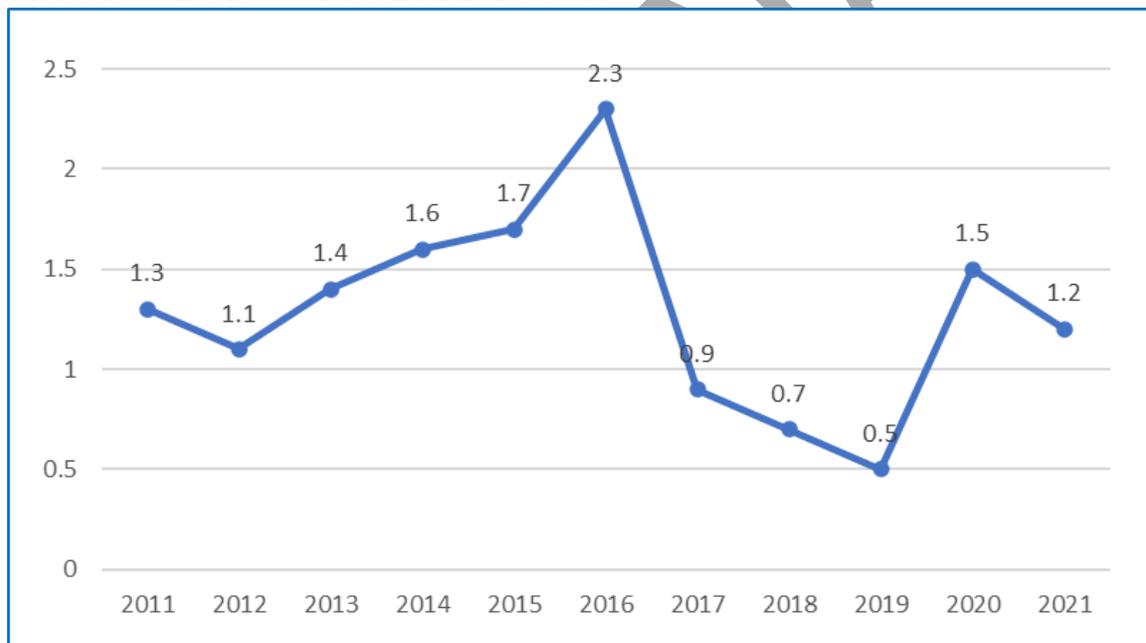
Otro cultivo importante es la granada, el cual empezó en el año 2016 gracias a la iniciativa de la Municipalidad de Ite mediante el proyecto de inversión “Mejoramiento de la Prestación de Servicios de Apoyo a la Comercialización de los Productos Agrícolas con Proyección a Agroexportación”, mediante el cual se plantaron 10 ha. de granados. Debido a esta iniciativa es que inversionistas privados con asociaciones de agricultores de las diferentes zonas de la región Tacna, decidieron plantar 15 ha. de granados con la finalidad de exportar la fruta al mercado internacional.

Además, se tienen otras iniciativas como la del Ministerio de Agricultura y Riego a través del Programa de Compensaciones para la Competitividad AGROIDEAS, el cual viene realizando proyectos en la región Tacna desde el año 2012, mediante la realización de planes de mejoramiento de cultivos logrando dinamizar las cadenas productivas, como es el caso de la palta las provincias de Tacna y Jorge Basadre.

#### 2.2.4.4 Uso de Carbón Vegetal en la Región Tacna

En la región Tacna para el año 2021 se tenía que un 1.2% de hogares usaba carbón o leña para preparar sus alimentos, de este porcentaje de hogares la mayor parte se encuentra en las zonas altoandinas de la región, los cuales utilizan el insumo para calefacción en temporada de lluvias y heladas. En el Gráfico 14, se muestra la serie temporal de diez (10) años para la región Tacna.

GRÁFICO 14: HOGARES QUE USAN CARBÓN Y/O LEÑA EN LA REGIÓN TACNA.



Fuente: Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2022. (INEI, 2022).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 2.2.5 DATOS RELEVANTES PARA EL SECTOR DESECHOS

##### 2.2.5.1 Abastecimiento de agua

Según el último censo de 2017, en el departamento de Tacna el 73.1% de las viviendas tienen abastecimiento de agua por red pública dentro de la vivienda, el 13.6% son abastecidas de agua a través de pilón o pileta de uso público, el 3.9% con red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación; el 3.8% se abastece de camión cisterna u otro similar y el 3.7% de pozo.

##### 2.2.5.2 Servicio higiénico

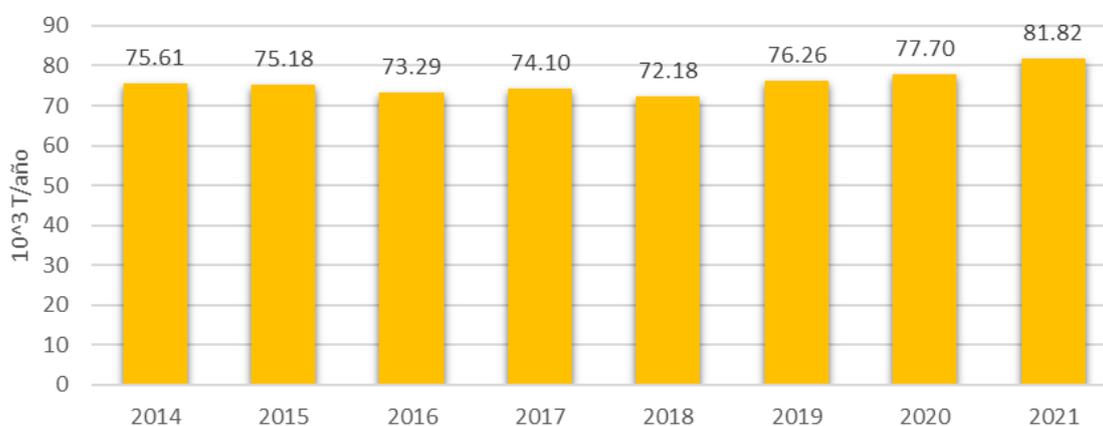
Según el último censo de 2017, en el departamento de Tacna las viviendas que disponen de servicio higiénico conectado a la red pública, dentro o fuera de la vivienda representan el 75.0%; las que acceden

a pozo ciego o negro alcanzan el 9.9% y las que cuentan con pozo séptico el 8.4%. El 2.9% de viviendas usan otro tipo de eliminación de excretas (campo abierto, al aire libre, en el mar, casa abandonada, entre otros).

### 2.2.5.3 Disposición de residuos sólidos

En Tacna, la gestión de residuos sólidos se divide entre las municipalidades, responsables de los residuos municipales, y los generadores, encargados de los residuos no municipales. El Ministerio del Ambiente supervisa ambas instancias para obtener información sobre el estado de los residuos sólidos a nivel nacional. Según la información de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS) del MINAM se tiene que la generación per cápita de residuos sólidos municipales en el departamento al 2021 fue de 0.63 kg/hab/día y la generación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) para el año 2021 fue de 81.8 miles de toneladas como se muestra en el Gráfico 15. Los distritos de Tacna y Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa son los que generan mayor cantidad de RSM. Tacna cuenta con 41 botaderos para la disposición final de residuos sólidos.

**GRÁFICO 15:** GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN TACNA, 2014 – 2021.



Fuente: DGRS - MINAM y estadísticas ambientales SINIA  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 2.2.5.4 Tratamiento de aguas residuales

En Tacna existe una Empresa Prestadora de Servicio (EPS) para el servicio de agua y alcantarillado que cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en funcionamiento, la PTAR Cono Sur y la PTAR Magollo, que colectan aguas residuales de la localidad de Tacna y Pachía.

La EPS Tacna utiliza rejas como unidad de tratamiento preliminar, no tiene tecnología de tratamiento primario, para el tratamiento secundario tiene la tecnología de tratamiento secundario de tipo lagunas (facultativas y aireadas, individuales o en combinación), y no cuenta con tecnología de tratamiento terciario.

## 2.3 CONTEXTO AMBIENTAL Y CLIMÁTICO

### 2.3.1 SECTOR ENERGÍA

El sector energético ocupa un lugar central en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del IPCC, ya que es el principal contribuyente a las emisiones globales. La quema de combustibles fósiles para generar electricidad, calor y transporte libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los principales GEI responsables del cambio climático.

### 2.3.2 SECTOR PIUP

El inventario regional para el sector PIUP abarcan actividades económicas que generan emisiones de GEI de origen antropogénico, siendo un instrumento integral en el marco del cambio climático para la toma de decisiones por los actores estatales y no estatales, a fin de establecer medidas de adaptación y/o mitigación al cambio climático.

### 2.3.3 SECTOR AGRICULTURA

La combinación de la disminución de las precipitaciones, el aumento de las temperaturas y la creciente frecuencia e intensidad de las sequías está generando una situación crítica para la agricultura en Tacna. Estos factores están alterando los ciclos de cultivo, favoreciendo la proliferación de plagas y enfermedades, y reduciendo la disponibilidad de agua, lo que a su vez impacta negativamente en la producción agrícola y la seguridad alimentaria de la región. El Inventario Regional nos proporcionará una base sólida para abordar estos desafíos interrelacionados.

### 2.3.4 SECTOR UTCUTS

El sector UTCUTS, resulta ser un sector de gran importancia para la mitigación del cambio climático porque permite reducir las emisiones de GEI y a su vez servir como sumideros de carbono, por ende, las medidas que se tomen sobre el sector serán generadoras de beneficios ambientales para la población de la región Tacna.

### 2.3.5 SECTOR DESECHOS

La gestión inadecuada de los residuos genera emisiones significativas de GEI, principalmente CH<sub>4</sub> proveniente de la descomposición de materia orgánica en vertederos, así como CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O asociados a la incineración y tratamiento de residuos. El sector de desechos, como fuente significativa de emisiones de GEI, principalmente CH<sub>4</sub> proveniente de la descomposición anaeróbica en vertederos, impacta negativamente en el medio ambiente y la salud pública a través de la contaminación del suelo, agua y aire, así como la proliferación de vectores de enfermedades.

## 3. METODOLOGÍA

### 2.1 DIRECTRICES Y NORMATIVA APLICADA (IPCC, MINAM)

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI constituyen el resultado de la invitación efectuada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en las que se brindan metodologías acordadas internacionalmente para que utilicen los países, con el objeto de estimar los inventarios de GEI e informarlos a la CMNUCC.

La ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático tiene por objeto establecer los principios, enfoques, disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, siendo el MINAM como autoridad nacional en materia de cambio climático, el responsable de elaborar periódicamente inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en coordinación con las entidades públicas de los tres niveles de gobierno. Asimismo, el Reglamento de la LMCC, señala que los GORE tienen como función elaborar y actualizar sus ERCC, siendo un insumo importante, para el componente de mitigación, contar con un inventario de GEI de su territorio,

de acuerdo a lo señalado en los Lineamientos metodológicos para la formulación y actualización de Estrategias Regionales de Cambio Climático.

Los Lineamientos Metodológicos para la formulación y actualización de las Estrategias Regionales de Cambio Climático, aprobado por Resolución Ministerial N° 152-2021-MINAM, es un documento que orienta la formulación y actualización de las ERCC, en el marco de la implementación de la LMCC y su Reglamento. En este contexto, se señala que las ERCC deben incluir la identificación de fuentes potenciales de emisiones de GEI que se producen en su territorio.

Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM, Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, asigna responsabilidades a diferentes instituciones del Estado para que, en el marco de sus competencias, se elaboren los Reportes Anuales de Gases Efecto Invernadero (RAGEI), los cuales sirven de insumo para la preparación del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

## 2.2 METODOLOGÍA DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC 2006

El presente inventario se elaboró aplicando las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Asimismo, se tomó como referencia las Pautas para la Elaboración de Inventario Regionales de Gases de Efecto Invernadero establecidos por el MINAM. Se utilizó la información disponible para el departamento de Tacna, así como los criterios y herramientas desarrollados en el marco del Decreto Supremo N° 013 -2014-MINAM – Aprueban disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

En cada sector del inventario, se incluyeron las categorías y subcategorías de emisiones y remociones que ocurren en el departamento de Tacna y para las cuales se contó con información sobre los datos de actividad. Se aplicaron fundamentalmente métodos de Nivel 1, con factores de emisión por defecto y datos de actividad reportados por entidades públicas y privadas. En algunas fuentes del sector; como agricultura, se aplicaron métodos del Nivel 2, con factores de emisión específicos para las condiciones del país.

El inventario de GEI incluye las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Las emisiones y remociones reportadas han sido expresadas en términos de CO<sub>2</sub>eq empleando el PCG proporcionado por el IPCC.

Para estimar una emisión o absorción de GEI de una fuente específica se multiplica la magnitud anual de una actividad (por ejemplo, producción de cerámico, consumo de combustibles), denominado datos de actividad (DA), con la masa de los GEI emitidos por unidad de actividad (por ejemplo, GgCH<sub>4</sub> por tonelada de combustible), denominado factor de emisión (FE). Por consiguiente, la ecuación básica se presenta en la Figura 2:

FIGURA 2: ECUACIÓN BÁSICA PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GEI.



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 1, Capítulo 1, p. 1.6.

## 2.3 FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS

### 2.3.1 SECTOR ENERGÍA

#### 2.3.1.1 Anuario Estadístico de Electricidad del MINEM

El Anuario Estadístico de Electricidad es un documento que contiene aspectos relevantes del subsector eléctrico del país, así como la información que explica el comportamiento mensual de las diversas variables operativas de la industria eléctrica, el balance de energía eléctrica, las fuentes de energía utilizadas, las inversiones efectuadas, entre otros indicadores. La forma elaborada por el Anuario Estadístico de Electricidad permite utilizarlo directamente como datos de actividad para estimar emisiones. Principalmente se usan datos sobre el consumo mensual y tipo de combustible por unidad de generación, donde se evidencia que no se usa combustible para generar electricidad en el territorio del departamento de Tacna.

#### 2.3.1.2 Balance Nacional de Energía

El Balance Nacional de Energía (BNE) es un estudio exhaustivo que presenta una matriz energética que registra los flujos físicos de energía, distinguiendo entre energía primaria (obtenida directamente de la naturaleza) y energía secundaria (resultante de la transformación de energía primaria). La matriz incluye datos sobre producción, importación, exportación, transformación, consumo propio, pérdidas y consumo final de cada energético.

La forma en que está elaborado el BNE permite usarlo de manera directa como datos de actividad para la estimación de emisiones, estos datos corresponden al capítulo 7 del BNE, donde se muestra la matriz del balance nacional y en el capítulo 6 del BNE, donde se muestra el consumo final de energía por sectores. El consumo final de energía en Perú ha experimentado cambios significativos entre 2006 y 2021, marcados por el aumento en el consumo del sector transporte y la disminución en los sectores residencial, comercial y público, e industria y minería.

#### 2.3.1.3 Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022

El Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022 es un documento que muestra la evolución del Producto Bruto Interno departamental por actividades económicas, a precios corrientes y a precios constantes, explicando los principales hechos económicos ocurridos en este ámbito. El documento lo elabora el INEI, donde la medición del Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022 se determina utilizando información de la Encuesta Económica Anual (EEA) y los registros administrativos de la SUNAT, SBS, SIAF, ENAHO, proyecciones de población y volúmenes y valores de producción, proporcionados por ministerios y entidades del sector público. Esta información permite disgregar datos que solo se encuentra disponible a nivel nacional, es así que se puede utilizar directamente como datos de actividad a nivel regional.

### 2.3.2 SECTOR PIUP

Las fuentes de información recolectadas fueron de dos tipos: (a) información publicada, que incluye publicaciones digitales de páginas de internet oficiales o (b) información recibida y comunicaciones que incluye mensajes de correo electrónico con archivos adjuntos, oficios, formularios enviados en digital o en físico. Para facilitar su ubicación, la información fue organizada de acuerdo con la fuente de emisión que permitía estimar. En algunos casos la información fue utilizada para determinar las emisiones (datos del cálculo) y en otros casos la información sirvió de sustento para la toma de decisiones, como por ejemplo para identificar las principales empresas en el Sector PIUP.

CUADRO 1: FUENTES DE INFORMACIÓN PARA EL SECTOR PIUP.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	FUENTE DE INFORMACIÓN	OBSERVACIÓN
Industria de Minerales (2A)	Producción de cemento (2A1)	Oficio 4881-2024-PRODUCE/DGAAMI	No existe producción de Clinker
	Producción de cal (2A2)	Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2021 del Ministerio de Producción <sup>4</sup>	Se realizó las estimaciones de GEI con el proxy del PBI del sector manufactura, por departamentos.
	Producción de vidrio (2A3)	Oficio 4881-2024-PRODUCE/DGAAMI	No existe producción de vidrio
	Cerámicas (2A4a)	Oficio 514-2024-DI-DIREPRO/GOB.REG.TACNA Formulario a las empresas privadas por correo electrónico.	Se reporto información de producción y masa promedio de ladrillos de la empresa Ladrillera Max
	Otros usos de la ceniza de sosa (2A4b)	Oficio 014-2024-SUNAT/3G0100 Formulario a las empresas privadas por correo electrónico.	No se cuenta con información de importación y exportación de carbonato de sodio No existe producción de ceniza de sosa
Industria Química	Producción de ácido nítrico (2B2)	Oficio 4881-2024-PRODUCE/DGAAMI	No existe producción de ácido nítrico
	Producción de ceniza de sosa (2B7)	Formulario a las empresas privadas por correo electrónico.	No existe producción de ceniza de sosa
Industria de Metales	Producción de hierro y acero (2C1)	Oficio 4881-2024-PRODUCE/DGAAMI Oficio DREM	No existe producción de hierro y acero
	Producción de zinc	Anuario Minero 2021 del Ministerio de Energía y Minas <sup>5</sup>	No se ha reportado producción de zinc en la región de Tacna.
Sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono	Refrigeración y aire acondicionado (2F1)	Oficio 014-2024-SUNAT/3G0100 Oficio 020-2024-SUNAT/3G0100	No se cuenta con información de importación y exportación de HFC

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 2.3.2.1 Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno

El anuario Estadístico Industrial, MYPE y comercio Interno, es un documento de datos recopilados, procesado y publicado por la Oficina de Estudios Económicos del Ministerio de Producción. El documento contiene información relevante sobre las estadísticas del sector industrial y manufactura a nivel nacional, que permite ser utilizado para la recopilación de datos de la categoría de Industria de Minerales.

### 2.3.2.2 Formularios

Los formularios son mecanismos para la recopilación de información primaria que han sido elaboradas por el equipo de trabajo solicitando la información necesaria a las empresas privadas del sector manufactura que operan en el departamento de Tacna por medio de estrategias de comunicación; tales como mensajes de correos electrónicos, llamadas vía telefónica y/o visitas *in situ* dándoles a conocer sobre la elaboración del inventario regional.

<sup>4</sup> <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anales/item/1063-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2021>.

<sup>5</sup> <https://www.gob.pe/institucion/minem/infomes-publicaciones/3145151-anuario-minero-2021>.

### 2.3.3 SECTOR AGRICULTURA

#### 2.3.3.1 Censo Nacional Agropecuario

Es la investigación estadística más importante del Sector Agrario, que ha realizado el INEI, el cual proporciona datos actualizados para el conocimiento de la base productiva agropecuaria mediante el recojo de las declaraciones de todos los productores agropecuarios del país, el cual nos ayudó a conocer la población de animales vivos (aves, caballos, cuyes, asnos/mulas, entre otros) por cabeza para así poder identificar la cantidad de GEI generados para las categorías Fermentación Entérica y Suelos Agrícolas.

#### 2.3.3.2 Anuario Estadístico Producción Ganadera y Avícola

El cual contiene información estadística, que contribuye a un mejor conocimiento del comportamiento productivo de las principales especies (ovino, porcino, vacuno, caprino, alpaca y llama) las cuales son necesarias para el llenado de planillas de GEI en las categorías Fermentación Entérica y Suelos Agrícolas del Sector Agricultura, esta información se encuentra según regiones, especies, productos, años y meses, lo cual Cabe resaltar que la información incluida en dicho documento fue recopilada en las plantas de incubación, unidades de producción, centros de beneficio de ganado y aves, así como de empresas relacionadas con la actividad ganadera y avícola del país.

#### 2.3.3.3 Anuario de Estadísticas Ambientales INEI

Este documento reúne la información estadística vinculada al medio ambiente, a fin de difundir y contribuir a la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales y de los ecosistemas, que son altamente vulnerables ante los cambios ocasionados por la participación humana y el cambio climático, es por ello que con ayuda del mismo se pudo obtener el dato de temperatura promedio anual para el año 2021, el cual es utilizado para medir los GEI en la categoría de Manejo de Estiércol. Además, cabe recalcar que el "Anuario de Estadísticas Ambientales 2022" integra información proveniente de las Instituciones oficiales del país.

#### 2.3.3.4 Anuario Estadístico Insumos y Servicios Agropecuarios

El anuario de Insumos y Servicios Agropecuarios 2021, contiene estadísticas correspondientes a producción de semillas, plántones y reproductores, importación y precios al minorista de Fertilizantes Químicos, producción nacional y precios al minorista de abono orgánico (guano de Isla) y plaguicidas; asimismo, nos ayudó a recopilar información de la importación de fertilizantes para el año 2021 en la región de Tacna, y a su vez podemos estimar con dicha información los GEI de las categorías Suelos Agrícolas y Aplicación de urea.

#### 2.3.3.5 Anuario Estadístico de Producción Agrícola

Tiene por finalidad brindar información estadística para contribuir a un mejor conocimiento del comportamiento productivo de las principales variables agrícolas (superficie sembrada, producción, rendimiento, precios, y principales zonas productoras) de los cultivos transitorios y permanentes más importantes, lo que fue de mucha utilidad al momento de recopilar los datos de superficie y producción anual de principales cultivos por departamento y a nivel nacional, para estimar los GEI provenientes de los sectores Suelos Agrícolas y Aplicación de urea.

### 2.3.4 SECTOR UTCUTS

#### 2.3.4.1 Perú: Proyecciones de Población Total según Departamento, Provincia y Distrito

En este informe el INEI pone a conocimiento las proyecciones de población existentes a diciembre 2021, dicha información fue elaborada a partir de los resultados de los Censos Nacionales; el informe proporciono el dato de población para la región Tacna del año 2021, el cual es la 1era de 3 variables empleadas para

estimar el volumen anual de leña consumida a nivel regional ( $m^3$ ), cuyo resultado sirve para calcular las emisiones por pérdida del carbono de la biomasa en Tierras Forestales que permanecen como tales, debido a la extracción de leña.

#### 2.3.4.2 Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales

El Anuario da a conocer información estadística vinculada al ambiente, a la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales y de los ecosistemas y a los cambios ocasionados por la participación humana y el cambio climático; el dato que proporciono fue el porcentaje de población que consume leña en la región Tacna para el año 2021, dato que es la 2da de 3 variables empleadas para estimar el volumen anual de leña consumida a nivel regional ( $m^3$ ), cuyo resultado sirve para calcular las emisiones por pérdida del carbono de la biomasa en tierras forestales que permanecen como tierras forestales, debido a la extracción de leña.

#### 2.3.4.3 Anuario Forestal y de Fauna Silvestre

El Anuario Forestal y de Fauna Silvestre, brinda información cuantificada de las actividades de reforestación, extracción forestal, producción forestal maderable y no maderable tanto a nivel nacional como regional, el cual proporciono información sobre el consumo per cápita de leña ( $m^3$ /individuo) para la región Tacna; dato que es el tercero de las 3 variables empleadas para estimar el volumen anual de leña consumida a nivel regional ( $m^3$ ), cuyo resultado sirve para calcular las emisiones por pérdida del carbono de la biomasa en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales, debido a la extracción de leña.

#### 2.3.4.4 Anuario Estadístico Agrícola 2020 y 2021

Ambos informes estadísticos brindan información sobre los cultivos permanentes y transitorios, superficies cultivadas y en crecimiento e intenciones de cultivos existentes en la región Tacna; de ambos Anuarios se extrajo información sobre las superficies de cultivos permanentes leñosos para los años 2020 y 2021, datos que son necesarios para estimar la variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva para Tierras de Cultivos que permanecen como Tierras de Cultivo.

#### 2.3.4.5 Reporte de Áreas Afectadas (Cicatrices) de Incendios Forestales

El Reporte fue proporcionado por la Unidad Funcional de Monitoreo Satelital del SERFOR, encargada de brindar información a nivel nacional de reportes de deforestación, tala antrópica e ilegal, focos de calor, alertas de incendios forestales y cicatrices de incendios forestales, a partir del análisis de imágenes satelitales; del informe se obtuvo información sobre las superficies afectadas por incendios forestales ocurridos en la región Tacna para el año 2021, dicha información se utilizó en la estimación de emisiones de GEI por quema de biomasa en Tierras Forestales.

### 2.3.5 SECTOR DESECHOS

#### 2.3.5.1 Informes Nacionales de Residuos Sólidos

Los Informes Nacionales de Residuos Sólidos en Perú es un documento oficial que recopila y analiza información sobre la generación, composición, manejo y disposición final de los residuos sólidos a nivel nacional. Este informe es elaborado periódicamente por el MINAM a través de la DGRS. El informe contiene datos sobre la generación de residuos sólidos, manejo de residuos sólidos, aspectos económicos y financieros, marco normativo e institucional, y buenas prácticas y lecciones aprendidas

#### 2.3.5.2 Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos

La DGRS del MINAM ha sistematizado información con base en fuentes como: datos reportados en el SIGERSOL entre 2014 y 2022, INEI, MEF, OEFA, entre otras. Esta información se encuentra organizada

en carpetas por temas y disponibles internamente para su acceso y descarga. La información como esta presentada en el documento permite utilizara directamente como dato de actividad para el Sector de Desechos.

### 2.3.5.3 Resultados Definitivos del Departamento de Tacna

Es un documento elaborado por el INEI que ejecutó los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, reúne información estadística actualizada sobre la magnitud, distribución y composición de la población, así como de las características de las viviendas y de los hogares. La información como esta presentada en el documento permite utilizara directamente como dato de actividad para el Sector Desechos.

## 2.4 PROCESOS DE RECOLECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

### 2.4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elaboración del IRGEI el Gobierno Regional de Tacna, a través del proyecto de inversión “Mejoramiento de los Servicios Operativos o Misionales Institucionales en la Sub Gerencia de Gestión Ambiental del Gobierno Regional de Tacna, Distrito de Tacna de la Provincia de Tacna del Departamento de Tacna” con CUI N° 2617548, se está desarrollando la Actualización de la Estrategia Regional de Cambio Climático (ERCC), que comprende la Etapa 2: Análisis de las fuentes de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), en tal sentido, por contrató de especialistas y el equipo técnico del Gobierno Regional de Tacna, se ha elaborado el IRGEI para el departamento de Tacna que ha comprendido varias fases desde la planificación, estimación, reporte, documentación y sociabilización de los resultados, donde los representantes del Grupo de Trabajo para la Actualización de la ERCC de Tacna han sido participes del proceso de inventario. Cabe resaltar que durante el proceso de elaboración del IRGEI se han realizado bajo asistencias técnicas con la DMGEI del MINAM.

Como se ve el Cuadro 2, a través de diferentes entidades públicas y/o privadas, se requirió su participación para la recopilación de información necesaria, mediante solicitudes de información de manera oficial y elaboración de formularios y, en paralelo, se realizaron reuniones con los proveedores de información para brindar alcances sobre el proceso de estimación de GEI; así mismo se realizó la búsqueda de información de diferentes publicaciones oficiales tomando como referencia las Pautas para la Elaboración de Inventarios Regionales de GEI.

**CUADRO 2: ENTIDADES INVOLUCRADAS EN LOS SECTORES DE REPORTE PARA LA ELABORACIÓN DEL IRGEI 2021.**

SECTOR	ENTIDAD	ROL EN LA ELABORACIÓN DE IRGEI
SECTOR ENERGÍA	Gobierno Regional de Tacna	Sub Gerencia de Gestión Ambiental (SGGA):
		- Responsable de la coordinación para la elaboración del IRGEI 2021.
		Dirección Regional de Energía y Minas:
		- Proveen datos de actividad de la subcategoría Producción de electricidad y calor como actividad principal (1A1a)
		Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo:
		- Proveen datos de actividad de la subcategoría Comercial/Institucional (1A4a)
		Dirección Regional de Agricultura:
		- Proveen datos de actividad de la subcategoría Agricultura/Silvicultura (1A4c)
		Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OR Tacna:
		- Proveen datos de actividad de la Aviación civil (1A3a), Transporte terrestre (1A3b) y Navegación marítima y fluvial (1A3d)
		Gerencia Regional de Desarrollo Económico:
		- Proveen información sobre las empresas de la región de Tacna.
		Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones:
- Proveen datos de actividad de la subcategoría Transporte terrestre (1A3b)		

	Aeropuertos Andinos del Perú:	- Proveer datos de actividad de la subcategoría Otro tipo de transporte (1A3e)
	Asociación Automotriz del Perú:	- Proveer datos de actividad de la subcategoría Transporte terrestre (1A3b)
		Sub Gerencia de Gestión Ambiental (SGGA):
		- Responsable de la coordinación para la elaboración del IRGEI 2021.
		- Responsable de la preparación del IRGEI.
		- Responsable de la recopilación y administración de la información necesaria para las estimaciones del IRGEI.
	Gobierno Regional de Tacna	Dirección Regional de Producción (DIREPRO):
		- Proveer información sobre las empresas de la región de Tacna.
		Dirección Regional de Energía y Minas (DREM):
		- Proveer información regional sobre la actividad del sector minero específicamente sobre la producción minero – metálica de los principales productos e información sobre extracción de rocas minerales.
SECTOR PIUP	MINAM	Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (DMGEI):
		- Enlace de comunicación para la elaboración del IRGEI 2021.
	Ministerio de Producción	Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI):
		- Proveer información sobre el RAGEI 2021.
		Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE):
		- Proveer información sobre la actividad del sector industrial.
		- Proveer información nacional sobre importaciones y exportaciones de productos como cal, carbonato de sodio, y ácido nítrico (Intendencia Nacional de Estudios Económicos y Estadística)
	SUNAT	- Proveer información de producción nacional sobre insumos químicos y bienes fiscalizados tales como cal, carbonato de sodio, y ácido nítrico (Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados).
	Empresas Privadas	- Proveedores de información sobre sus actividades pertinentes al Sector PIUP (variables relacionadas a su producción y consumo de materias primas).
		Sub Gerencia de Gestión Ambiental (SGGA):
		- Responsable de la coordinación para la elaboración del IRGEI 2021.
		- Responsable de la preparación del IRGEI.
		- Responsable de la recopilación y administración de la información necesaria para las estimaciones del IRGEI.
	Gobierno Regional de Tacna	Dirección Regional de Agricultura
		- Proveer información sobre producción agrícola, ganadera y avícola de la región de Tacna.
SECTOR AGRICULTURA		- Anuarios estadísticos de Insumos y Servicios Agropecuarios
	MINAGRI	- Producción Agrícola
		- Producción Ganadera y Avícola
	SERFOR	- Proveer información nacional sobre quema de pastizales en la región
		- Censo Nacional Agropecuario 2012
	INEI	- Anuario de Estadísticas Ambientales 2021
		Sub Gerencia de Gestión Ambiental (SGGA):
		- Responsable de la coordinación para la elaboración del IRGEI 2021.
		- Responsable de la preparación del IRGEI.
		- Responsable de la recopilación y administración de la información necesaria para las estimaciones del IRGEI.
	Gobierno Regional de Tacna	Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental
		- Proveer información de estudios especializados de cambio y uso de suelo.
		Dirección Regional de Agricultura
		- Proveer información sobre producción agrícola de la región de Tacna.
		- Proveer información sobre superficies forestales de la región de Tacna.
SECTOR UTCUTS	MINAM	- Enlace de comunicación para la elaboración del IRGEI 2021, para el sector.
		- Proveer información sobre áreas forestales de la región Tacna.
	SERFOR	- Proveer información sobre cultivos de tara y eucalipto.
		- Proveer información sobre incendios forestales ocurridos en el año del 2021.
	INEI	- Proyecciones de población 2021.
		- Anuario de Estadísticas Ambientales 2021
	ACADEMIA	- Proveedores de información sobre superficie de bosques presentes en la región Tacna.
		Sub Gerencia de Gestión Ambiental (SGGA):

SECTOR DESECHOS	Gobierno Regional de Tacna	- Responsable de la coordinación para la elaboración del IRGEI 2021.
		- Responsable de la preparación del IRGEI.
		- Responsable de la recopilación y administración de la información necesaria para las estimaciones del IRGEI.
		Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental
		- Proveer información de estudios especializados de cambio y uso de suelo.
		Dirección Regional de Agricultura
		- Proveer información sobre producción agrícola de la región de Tacna.
		- Proveer información sobre superficies forestales de la región de Tacna.
		Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS):
		MINAM
	- Enlace de comunicación para la elaboración del IRGEI 2021, para el sector.	
SUNASS	- Proveer información sobre Población con alcantarillado.	
EPS	- Proveer información sobre Volumen de aguas residuales domésticas recolectadas, volumen de aguas residuales domésticas tratadas, y Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas.	
PRODUCE	- Proveedores de información sobre producción industrial.	

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 2.4.2 CONTROL DE CALIDAD

Durante la elaboración del IRGEI se ha aplicado la recomendación de Control de Calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006, que es un sistema de actividades técnicas que permiten evaluar y mantener la calidad del inventario durante el proceso de compilación. Este sistema de Control de Calidad está diseñado para:

- Realizar controles frecuentes y coherentes que garanticen la integridad de datos, su corrección y exhaustividad.
- Manifiestar y enmendar errores y omisiones.
- Documentar y archivar el material del IRGEI y registrar todas las actividades de CC.

Las actividades de CC comprenden también las revisiones técnicas de las categorías, los datos de la actividad, los factores de emisión, otros parámetros y métodos de estimación.

Se consideraron 4 principios durante la elaboración del IRGEI que mejoraron la calidad del mismo:

- **Transparencia:** se evidencia información suficiente y clara para que los usuarios, además de los compiladores del inventario, puedan entender cómo fue elaborado.
- **Exhaustividad:** se declaran las estimaciones para todas las categorías de las fuentes y sumideros, que ocurren en el departamento, así como los gases incluidos en las Directrices del IPCC de 2006. En el caso, no se cuente con información suficiente para realizar las estimaciones de GEI, se sugiere aplicar los métodos para completar vacíos (métodos de interpolación, extrapolación, superposición, datos sustitutos u otras técnicas). Si no se realiza las estimaciones de alguna categoría, debido a la falta de información u otros elementos que no permiten aplicar los métodos para completar vacíos, esto debe informarse y documentarse de forma clara y debidamente justificada.
- **Coherencia:** se utilizan las mismas fuentes de datos, métodos, factores de emisión y parámetros para una categoría para todos los años de inventario (serie de tiempo). Cuando se incorpore la estimación de nuevas categorías, ésta deberá ser calculada para todos los años de inventario, de ser el caso, se podrá utilizar las técnicas para completar vacíos. Asimismo, las estimaciones de distintas categorías para un año determinado, que dependen del mismo tipo de información (por ejemplo, población, consumo de combustible) y supuestos, deben usar los mismos conjuntos de datos.

- Exactitud: se utilizan los datos más actualizados que representen mejor las circunstancias del departamento, para asegurar que el inventario no contenga sobreestimaciones (estimaciones excesivas) o subestimaciones (estimaciones insuficientes).

A continuación, en el siguiente cuadro se presentan las actividades de Control de Calidad y los procedimientos realizados en la elaboración del Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero.

**CUADRO 3: PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA ELABORACION DEL INVENTARIO REGIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.**

ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD	PROCEDIMIENTOS
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó comparaciones de los datos de actividad y factores de emisiones con la información sobre categorías a las cuales pertenecen.</li> <li>- Se verificó la coherencia y precisión garantizando que los datos estén debidamente clasificados sin discrepancias en su asignación.</li> <li>- Se consideró que todos los datos y factores de emisión estén debidamente documentados, la información utilizada en su mayoría ha sido publicada a nivel nacional.</li> <li>- Se considero que toda la información procesada se almacene de manera organizada y accesible.</li> <li>- Se considero la trazabilidad de los datos permitiendo un revisión y seguimiento en el futuro y facilitando análisis posteriores.</li> </ul>
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al término de la elaboración del IRGEI se realizó una revisión general del contenido para asegurar que todas las citas bibliográficas en los documentos internos fueran correctas y completas.</li> <li>- Se revisó muestras de datos de entrada para cada categoría en busca de errores de tipeo, esto permitió detectar y corregir incongruencias en fórmulas preestablecidas en las planillas del MINAM.</li> <li>- Se utilizó datos digitales siempre que fue posible para reducir errores de transcripción.</li> <li>- Se comprobó que las planillas de cálculo contengan fórmulas y funciones en hojas de cálculo para minimizar errores humanos.</li> <li>- Se evitó programar factores fuera de las ya establecidas por el MINAM en las planillas.</li> <li>- Se creó tablas de referencia automáticas para valores usados frecuentemente en cálculos de algunos sectores.</li> <li>- Se utilizó la protección de celdas con datos fijos para prevenir cambios accidentales.</li> <li>- Se implementó controles automáticos, como verificaciones de cálculos o rangos de datos de entrada, estas ya se encontraron por defecto en las planillas del MINAM.</li> </ul>
Verificar que las emisiones/ remociones se estimen correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizó la reproducción de una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones de cada uno de los sectores evaluados en el departamento de Tacna.</li> <li>- Al termino de procesado de información en las planillas se realizó la verificación insertando nuevamente los datos en una nueva planilla para corroborar los resultados.</li> </ul>
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antes de vaciar los datos actividad las planillas, se verificó que las unidades estuvieran correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.</li> <li>- Se verificó que los datos que no tenían las unidades de medida requeridas por las hojas de cálculo, se convirtieron por separado para obtener el dato ideal y no alterar los resultados.</li> <li>- Se verificó que cada uno de los datos de actividad se procesen de acuerdo a la ruta establecida en las hojas de cálculo, para garantizar que las unidades se transportaran correctamente desde el principio hasta el</li> </ul>

conversión se utilicen de manera apropiada.	final de los cálculos. Se utilizó factores de conversión establecidos por el MINAM.
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se corroboró un adecuado procesamiento de datos con el fin de que estén correctamente representados en la base de datos.</li> <li>- Con una revisión extensiva se confirmó que las relaciones de datos estuvieran correctamente representadas en la base de datos. Se aseguró que los campos de datos estuvieran correctamente etiquetados y contaran con las correctas especificaciones de diseño. Se realizó una adecuada documentación para garantizar que la estructura del modelo y la base de datos fueran archivados correctamente.</li> <li>- Se consideró el desarrollo del inventario conforme a las "Pautas para la Elaboración de Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero y sus anexos", establecidas en la RM 090-2022- MINAM.</li> </ul>
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se identificó los parámetros (Datos de actividad) comunes en múltiples sectores y categorías, a fin de confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para los cálculos de las emisiones/remociones, por ejemplo, población que se utilizó como dato para el Sector Energía y Desechos.</li> </ul>
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se verificó que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes, mediante gráficos y tablas consolidadas.</li> <li>- Se verificó que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.</li> </ul>
Revisar el archivo y la documentación interna.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se verificó la existencia de documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.</li> <li>- Se verificó que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos, en comentarios en las celdas referidas.</li> <li>- Se archivó y almacenó correctamente los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios para facilitar una revisión detallada.</li> <li>- Se verificó que el archivo fuera cerrado y conservado en un lugar seguro tras la finalización del inventario.</li> </ul>
Verificar la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se confirmó que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el período del inventario actual, a través de la documentación archivada,</li> <li>- Se verificó que todas las categorías y subcategorías sean cubiertas, el proceso se verificó que no todas las subcategorías fueron cubiertas en su totalidad debido a que no se tiene registro de algunos datos de actividad en el departamento.</li> <li>- Se verificó que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación con el total de emisiones netas (Subcategorías clasificadas como NE).</li> </ul>

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

## 4. INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI

### 3.1 ENERGÍA

#### 3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

El sector energético comprende, principalmente: Exploración y explotación de las fuentes primarias de energía, Conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas, Transmisión y distribución de los combustibles, y Uso de combustibles en aplicaciones

estacionarias y móviles. Las emisiones surgen de estas actividades por combustión y como emisiones fugitivas, o por escape sin combustión.

Según las Directrices del IPCC de 2006, la quema del combustible puede definirse como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato. En ese sentido en sector se hace referencia a las emisiones vinculadas al consumo de generación de energía y no a las emisiones de gases de efecto invernadero que derivan de procesos de producción ya que esas emisiones se reportan en el sector procesos industriales.

### 3.1.2 FUENTES DE EMISIÓN

Comprende principalmente la quema de combustibles con fines energéticos usado en la combustión estacionaria y emisiones fugitivas emanadas de la extracción, el procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final, cabe destacar que no se contabiliza las emisiones por fuentes fijas porque la actividad no se realiza en la región. En este sector se hace referencia a las emisiones vinculadas al consumo de generación de energía y no a las emisiones de GEI que derivan de procesos de producción ya que esas emisiones se reportan en el Sector PIUP.

El Sector Energía – Combustión Estacionaria aborda las emisiones de GEI generadas por la combustión estacionaria de diversas actividades económicas y sociales como las industrias manufactureras y de la construcción (1A2) y otros sectores (1A4). En el caso de las Emisiones fugitivas, que aborda la liberación intencional o no intencional de GEI que puede ocurrir durante la extracción, el procesamiento y la entrega de los combustibles fósiles al punto de utilización final, no se reporta actividad para esta categoría.

En el Cuadro 4, se muestran las categorías de emisiones y los gases generados del Sector Energía – Combustión estacionaria:

CUADRO 4: CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE EMISIÓN	GEI GENERADOS – DIRECTOS E INDIRECTOS
1A	Categoría	Actividades de quema de combustibles	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
	1A2 Subcategoría	Industrias manufactureras y de la construcción	
	1A3 Subcategoría	Transportes	
	1A4 Subcategoría	Otros sectores	
1B	Categoría	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.1.3 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN

En el Sector Energía los datos de actividad son en su mayoría las cantidades de combustible quemado o procesado, lo que es suficiente para una estimación de las emisiones de GEI aplicando un método Nivel 1. Este tipo de información suele ser recopilada, analizada y publicada bajo el nombre de estadísticas de energía o balances de energía, en el caso de Perú estos datos son recopilados en el Anuario Estadístico de Electricidad y el BNE. Además, esta categoría está muy asociada al nivel de actividad del departamento y esta información se ve recopilada en el PBI por Departamento. Esta información se describe en el Cuadro 5.

CUADRO 5: DATOS DE ACTIVIDAD – SECTOR ENERGÍA.

CLASIFICACIÓN		CATEGORÍAS DE FUENTES	
1A		Actividades de quema de combustibles	
	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	
	1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Balance Nacional de Energía 2021. Ministerio de Energía y Minas.
	1A2m	Industria no especificada	PBI departamental del sector. Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022
	1A3	Transporte	
	1A3a	Aviación civil	Demanda anual de combustibles según categorías y por departamento. OSINERGMIN Tacna
	1A3b	Transporte terrestre	Demanda anual de combustibles según categorías y por departamento. OSINERGMIN Tacna Parque automotor circulante anual por clase y según departamento. Asociación Automotriz del Perú. Parque automotor nacional registrado por tipo de combustible. RAGEI Energía
	1A3c	Ferrocarriles	Consumo de combustible de las locomotoras y de los vehículos de mantenimiento de la línea férrea. Gerencia Regional de Desarrollo Económico
	1A4	Otros sectores	
	1A4a	Comercial/Institucional	Balance Nacional de Energía 2021. Ministerio de Energía y Minas. PBI departamental del sector. Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022
	1A4b	Residencial	
	1A4c	Agricultura/silvicultura/pesca	

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.1.3.1 Actividades de Quema de Combustible (1A)

Según el IPCC del 2006, las actividades de quema de combustible abarca las emisiones de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para calentar y proporcionar calor a un proceso como calor o como trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato. La categoría incluye las siguientes subcategorías:

- 1A1 Industrias de la energía.
- 1A2 Industrias manufactureras y de la construcción.
- 1A3 Transporte.
- 1A4 Otros sectores.
- 1A5 No especificado.

En el contexto regional solo se reportan datos de actividad de las subcategorías 1A2, 1A3 y 1A4. Puesto que no se registra actividad en las demás subcategorías.

#### INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1)

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles debido a las industrias de producción energética y a las actividades de extracción de combustibles. En Tacna no hay industrias dedicadas a la generación de calor o a la cogeneración, ni a la extracción de combustibles. Las

empresas que producen electricidad, pero no como su actividad principal, con consumo de combustible se reporta principalmente en la subcategoría Industrias manufactureras y de la construcción (1A2) desagregado según la actividad principal de la empresa.

En el Cuadro 6, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 6: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1).**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			MÉT ODO UTILI ZADO	FACT OR DE EMISI ÓN	MÉT ODO UTILI ZADO	FACT OR DE EMISI ÓN	MÉTO DO UTILI ZADO	FACT OR DE EMISI ÓN
1A2i	Producción de electricidad y calor como actividad principal	La suma de emisiones de los productores de electricidad como actividad principal, la generación combinada de calor y energía, y las centrales de calor. Los productores como actividad principal (conocidos anteriormente como servicios públicos) se definen como aquellas empresas cuya actividad principal es brindar un suministro al público. Pueden ser de propiedad pública o privada. Deben incluirse las emisiones procedentes del uso de combustibles en el sitio propio. Las emisiones de los auto productores (empresas que generan electricidad/calor total o parcialmente para su propio uso, como actividad que respalda sus actividades primarias) deben asignarse al sector en que fueron generadas y no en 1 A 1 a. Los auto productores pueden ser de propiedad pública o privada.	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: NO = No Ocurre

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2)

En esta subcategoría se usan combustibles como fuente de energía en las industrias manufactureras, para convertir la materia prima en productos, se incluyen las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles, incluyendo la quema para generar electricidad y calor para su uso propio. Se excluyen las industrias del rubro energético consideradas en la subcategoría Industrias de la energía. La categoría incluye las siguientes categorías de fuentes:

- 1A2i Minería (con excepción de combustibles) y cantería
- 1A2m Industria no especificada

En el Cuadro 7, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

CUADRO 7: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Todas las actividades de combustión en la extracción de minerales metalíferos (división 13 del CIIU), otras minas y canteras (división 13 del CIIU)	N1	D	N1	D	N1	D
1A2m	Industria no especificada	Toda industria manufacturera/de la construcción no incluida más arriba o para la que no hay datos disponibles por separado. Incluye las Divisiones 25, 33, 36 y 37 de la ISIC.	N1	D	N1	D	N1	D

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto

Fuente: MINAM 2021.

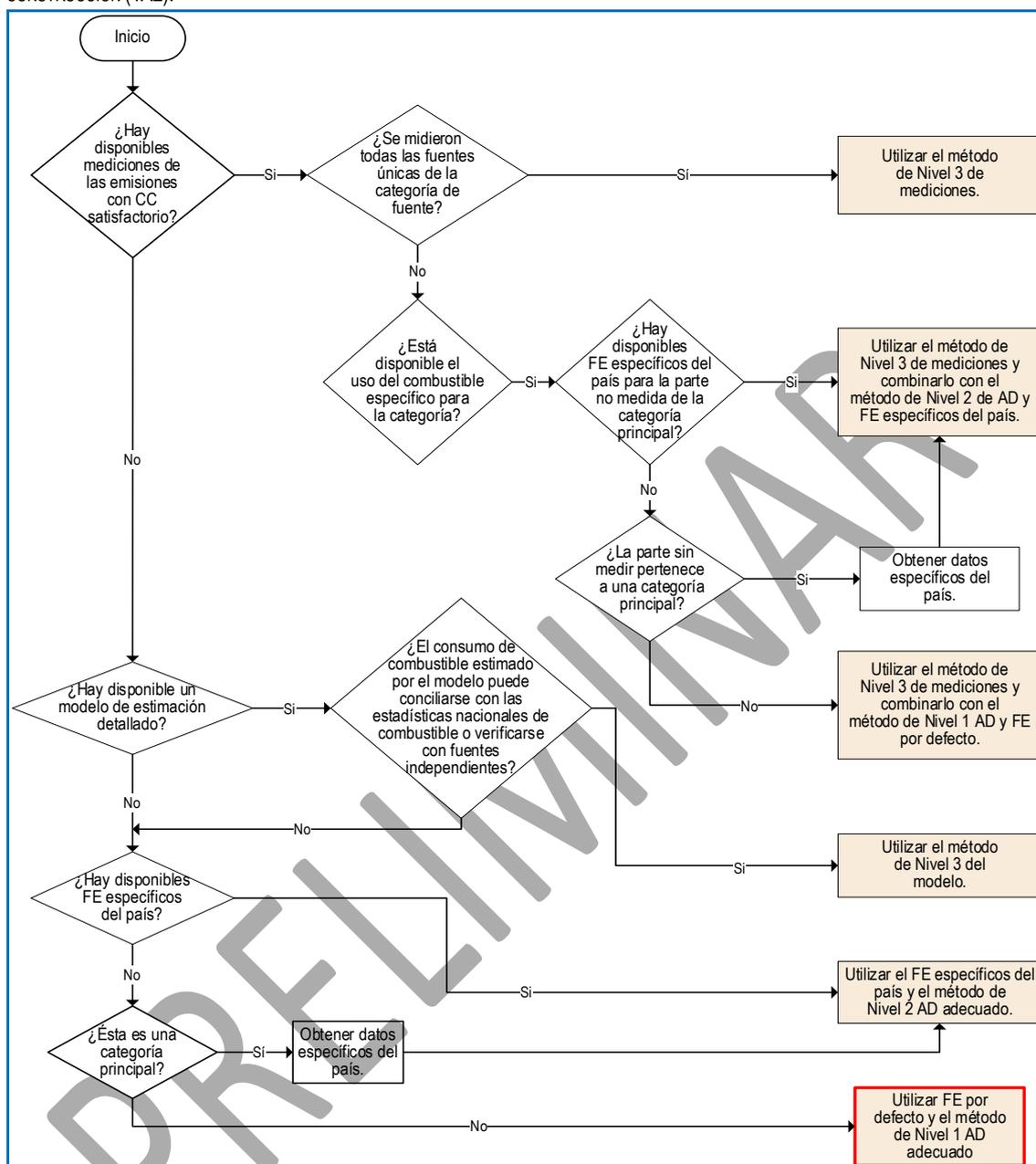
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Método de Cálculo

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Tacna, como la subcategoría 1A2 es principal tanto para combustibles líquidos como gaseosos, sería ideal recopilar el contenido de carbono de cada combustible específico utilizado en la región, sin embargo, debido a la falta de información disponible a nivel local sobre este aspecto, se ha optado por utilizar el método de cálculo Nivel 1, que emplea contenidos de carbono por defecto. En relación con las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la subcategoría 1A2 no es principal, dado que no se dispone de factores de emisión específicos para la región, las emisiones se han estimado utilizando el método de cálculo Nivel 1. Las estimaciones de la subcategoría se realizaron empleando las ecuaciones 2.1 y 2.2 de las Directrices del IPCC de 2006.

En la Figura 3, se presenta el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes las actividades de quema de combustible de las Directrices del IPCC de 2006, que facilita la elección de nivel para las estimaciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

FIGURA 3: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).



Fuente: Directrices IPCC 2006.  
 Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

*Datos de Actividad*

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen del BNE del capítulo sobre la matriz de Balance Energético Nacional 2021 en Unidades Originales, en la Tabla 7 y Tabla 8 se muestran el consumo de energía en el sector minero e industrial por cada combustible utilizado.

**TABLA 7:** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR MINERO.

COMBUSTIBLE	UNIDAD ORIGINAL	CONSUMO 2021
Leña	10 <sup>3</sup> ton	0.14
Carbón vegetal	10 <sup>3</sup> ton	0.05
Gas Lic. de Pet.	10 <sup>3</sup> bbl	465.2
Gas Natural	10 <sup>6</sup> PC	2 032.47
Gasohol	10 <sup>3</sup> bbl	246.16
Gasolina Motor	10 <sup>3</sup> bbl	5.34
DB5	10 <sup>3</sup> bbl	2 595.28
Pet. Industrial	10 <sup>3</sup> bbl	5.84

Fuente: BNE 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**TABLA 8:** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIA.

COMBUSTIBLE	UNIDAD ORIGINAL	CONSUMO 2021
Carbón Mineral	10 <sup>3</sup> ton	731.12
Leña	10 <sup>3</sup> ton	536.3
Bagazo	10 <sup>3</sup> ton	700.7
Coque	10 <sup>3</sup> ton	56.11
Carbón vegetal	10 <sup>3</sup> ton	34.3
Gas Lic. de Pet.	10 <sup>3</sup> bbl	3 889.98
Gasohol	10 <sup>3</sup> bbl	0.04
Gasolina Motor	10 <sup>3</sup> bbl	3.01
DB5	10 <sup>3</sup> bbl	1 944.54
Pet. Industrial	10 <sup>3</sup> bbl	399.87
Gas Natural	10 <sup>6</sup> PC	47 164.39

Fuente: BNE 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

La principal fuente de datos para esta subcategoría es el BNE; sin embargo, fue necesario usar información adicional para aproximar el consumo a nivel regional, para esto se recurrió al dato de PBI departamental del sector: i) Extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos y ii) manufactura. Que se muestra en la Tabla 9.

**TABLA 9:** VALOR AGREGADO BRUTO DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO, GAS, MINERALES Y SERVICIOS CONEXOS, Y MANUFACTURA (ESTRUCTURA PORCENTUAL).

DEPARTAMENTO	VAB EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO, GAS, MINERALES Y SERVICIOS CONEXOS	VAB MANUFACTURA
TACNA	6.8	0.4

Fuente: INEI

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### Factores de Emisión

Se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. En Cuadro 8, se detallan los factores de emisión utilizados y su equivalencia con los combustibles utilizados en el país.

**CUADRO 8: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).**

TIPO DE COMBUSTIBLE - CLASIFICACIÓN NACIONAL*	TIPO DE COMBUSTIBLE - IPCC*	FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> Y N <sub>2</sub> O DE MINERÍA (CON EXCEPCIÓN DE COMBUSTIBLES) Y CANTERÍA (1A2i), y LA INDUSTRIA NO ESPECIFICADA (1A2m)		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
		FE POR DEFECTO (KgCO <sub>2</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (KgCH <sub>4</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (KgN <sub>2</sub> O/TJ)
<b>Combustibles líquidos</b>				
Gas licuado de petróleo	Gases licuados de petróleo	63 100.00	1	0.1
Gasolina motor	Gasolina para motores	69 300.00	3	0.6
Gasohol	Gasolina para motores	69 300.00	3	0.6
Kerosene	Kerosene	71 900.00	3	0.6
Diésel B5	Diésel	74 100.00	3	0.6
Petróleo residual	Fuelóleo residual	77 400.00	3	0.6
<b>Combustibles sólidos</b>				
Coque	Carbón de coque	94 600.00	10	1.5
Carbón mineral	Antracita	98 300.00	10	1.5
<b>Combustibles gaseosos</b>				
Gas industrial	Gas industrial	57 600.00	1	0.1
Gas Natural	Gas natural	56 126.26	1	0.1
<b>Biomasa</b>				
Carbón vegetal	Carbón vegetal	112 000.00	200	4
Bagazo	Otra biomasa sólida primaria	100 000.00	30	4
Bosta/Yareta	Otra biomasa sólida primaria	100 000.00	30	4
Leña	Madera/Desechos de madera	100 000.00	30	4
Etanol	Biogasolina	70 800.00	3	0.6
Biodiésel	Biodiésel	70 800.00	3	0.6

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### TRANSPORTE (1A3)

Las fuentes móviles generan emisiones directas de gases de efecto invernadero como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a través de la quema de diferentes tipos de combustible. También producen otros contaminantes como CO, compuestos COVDM, SO<sub>2</sub>, PM y NO<sub>x</sub>, que causan o contribuyen a la contaminación del aire a nivel local o regional. La forma más sencilla de estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión móvil es por actividad principal de transporte, es decir, terrestre, todo terreno, aéreo, ferrocarril y navegación marítima y fluvial.

#### Aviación Civil (1A3a)

Las emisiones de esta categoría de fuente se originan por la quema de combustibles para reactores y gasolina para aviación. Los gases de escape de los motores de las aeronaves están compuestos aproximadamente por un 70% de CO<sub>2</sub>, un poco menos del 30% de H<sub>2</sub>O, y menos del 1% de NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>,

COVDM, partículas y otros oligoelementos, incluyendo contaminantes atmosféricos peligrosos. Las turbinas de gas modernas emiten poco o nada de N<sub>2</sub>O.

Las emisiones dependen de varios factores, como la cantidad y tipo de operaciones de la aeronave, el tipo y eficiencia de sus motores, el combustible utilizado, la duración del vuelo, la configuración de potencia, el tiempo empleado en cada fase del vuelo, y en menor medida, la altitud a la que se liberan los gases de escape.

Según las Directrices del IPCC de 2006, las operaciones de las aeronaves se dividen en dos fases: (1) ciclo de aterrizaje y despegue - LTO y (2) crucero. En general, alrededor del 10% de las emisiones totales de las aeronaves, excluyendo hidrocarburos y CO, se producen durante las operaciones en tierra y el ciclo LTO. El 90% de las emisiones ocurren a altitudes mayores. En el caso de los hidrocarburos y el CO, la distribución es de aproximadamente 30% en emisiones locales y 70% a mayor altitud.

En el Cuadro 9, detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 9: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – AVIACIÓN CIVIL (1A3A).**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
1A3d	Aviación civil	Emisiones de tráfico civil de cabotaje de pasajeros y de carga que aterrizan y llega al mismo país (vuelos comerciales, privados, agrícolas, etc.), incluyendo despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo. Excluye los militares, que deben declararse en 1 A 5 b.	N1	D	N1	D	N1	D

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

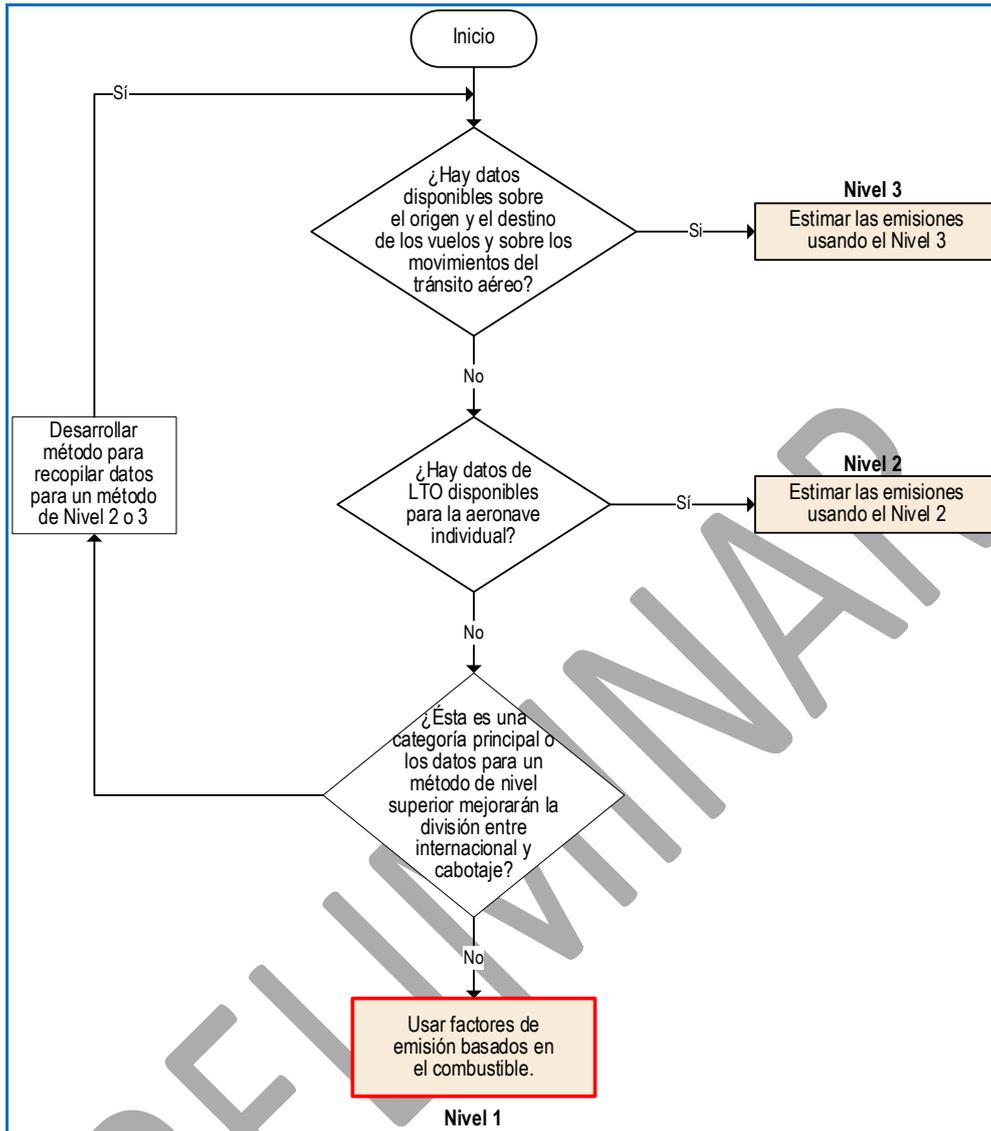
#### Método de Cálculo

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Tacna, en la categoría 1A3a relevante para combustibles líquidos en la aviación, se podría recopilar datos detallados sobre origen y destino de los vuelos, y los movimientos del tránsito aéreo o LTO por aeronave. Sin embargo, dada la falta de acceso a esta información, se ha recurrido al método de cálculo Nivel 1. Este método utiliza datos de consumo de combustibles para la aviación de cabotaje en Tacna.

Por otro lado, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, asociadas a la categoría 1A3a, no son consideradas principales. En ausencia de información suficiente para aplicar métodos de cálculo de Nivel 2 o 3, se ha optado por estimar estas emisiones también mediante el método de cálculo Nivel 1. Para llevar a cabo estas estimaciones, se ha empleado la ecuación 3.6.1 de las Directrices del IPCC de 2006.

En la Figura 4, se presenta el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes las actividades de quema de combustible de las Directrices del IPCC de 2006, que facilita la elección de nivel para las estimaciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

FIGURA 4: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA AVIACIÓN CIVIL (1A3A).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 2.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

*Factores de Emisión*

Como se indica en el Cuadro 10, se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

CUADRO 10: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA AVIACIÓN CIVIL (1A3A).

TIPO DE COMBUSTIBLE	FACTORES DE EMISIÓN CO <sub>2</sub> POR DEFECTO (KG/TJ)	FACTORES DE EMISIÓN NO CO <sub>2</sub>	
		FACTOR POR DEFECTO DE CH <sub>4</sub> (SIN CONTROL) (KG/TJ)	FACTOR POR DEFECTO DE N <sub>2</sub> O (SIN CONTROL) (KG/TJ)
Gasolina para aviación	70 000	-	-
Queroseno para motor reacción	71 500	-	-
Todos los combustibles		0.5	2

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Datos de Actividad

Como se muestra en el Cuadro 11, para el periodo de evaluación 2021 se considera la demanda anual de combustibles de aviación, esta información es registrada por OSINERMIN que se encuentra disponible en la base de datos SCOP.

**CUADRO 11:** DEMANDA DEL TURBO A1 Y GASOLINA 100LL CORRESPONDIENTE AL DEPARTAMENTO DE TACNA.

AÑO	DESPACHOS EFECTUADOS DESDE PLANTA DE VENTAS (PV) MILES DE BARRILES (MB)		DESPACHOS EFECTUADOS DESDE PLANTA DE ABASTECIMIENTO AEROPUERTO PAA MILES DE BARRILES (MB)		
	G100LL PV	TA1 PV	G100LL PAA	TA1 NAC PAA	TA1 EXP PAA
	2014	-	0.38	-	17.4
2015	-	0.29	-	25.18	-
2016	-	0.38	-	22.48	-
2017	-	0.4	-	16.9	-
2018	-	0.38	-	20.77	0.02
2019	-	0.12	-	8.32	-
2020	-	0.1	-	2.27	-
2021	-	0.1	-	0.93	-

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**Transporte Terrestre (1A3b)**

Esta categoría de fuente abarca las emisiones generadas por la quema y evaporación de combustible en todo tipo de vehículo de transporte, ya sea de servicio ligero (automóviles, camiones ligeros) o de servicio pesado (camiones de remolque, autobuses), así como las motocicletas urbanas (incluyendo ciclomotores, scooters y triciclos). Estos vehículos pueden utilizar diversos combustibles líquidos o gaseosos. En el Cuadro 12, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 12:** FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
1A3bi	Transporte terrestre	Todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluido el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.	N1	D	N1	D	N1	D

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto

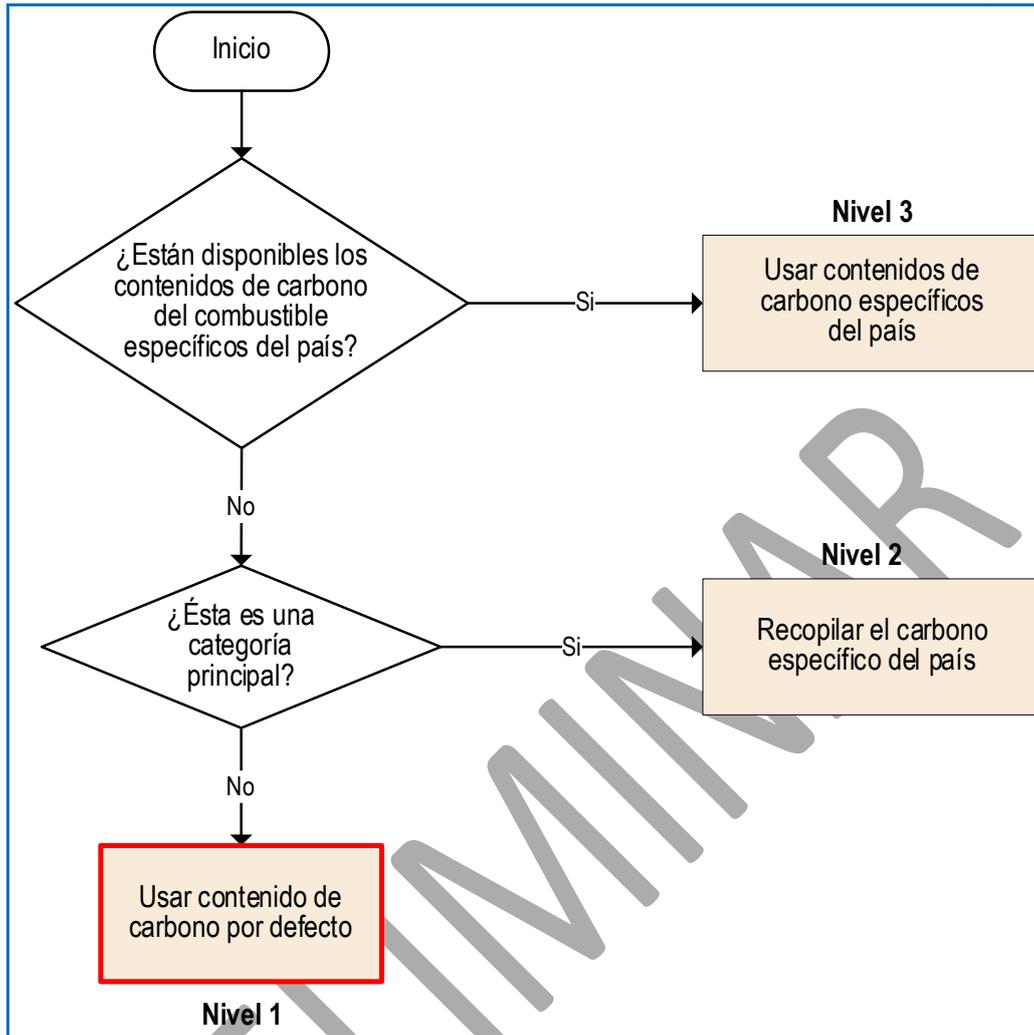
Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

*Método de Cálculo*

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, como la categoría 1A3b es principal tanto para combustibles líquidos como gaseosos, correspondería recopilar el contenido de carbono de cada combustible específico del país. Al no contar con información nacional sobre el contenido de carbono de los combustibles, se utilizó el método de cálculo Nivel 1 (contenidos de carbono por defecto). En la Figura 5, se presenta el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes las actividades de quema de combustible de las Directrices del IPCC de 2006.

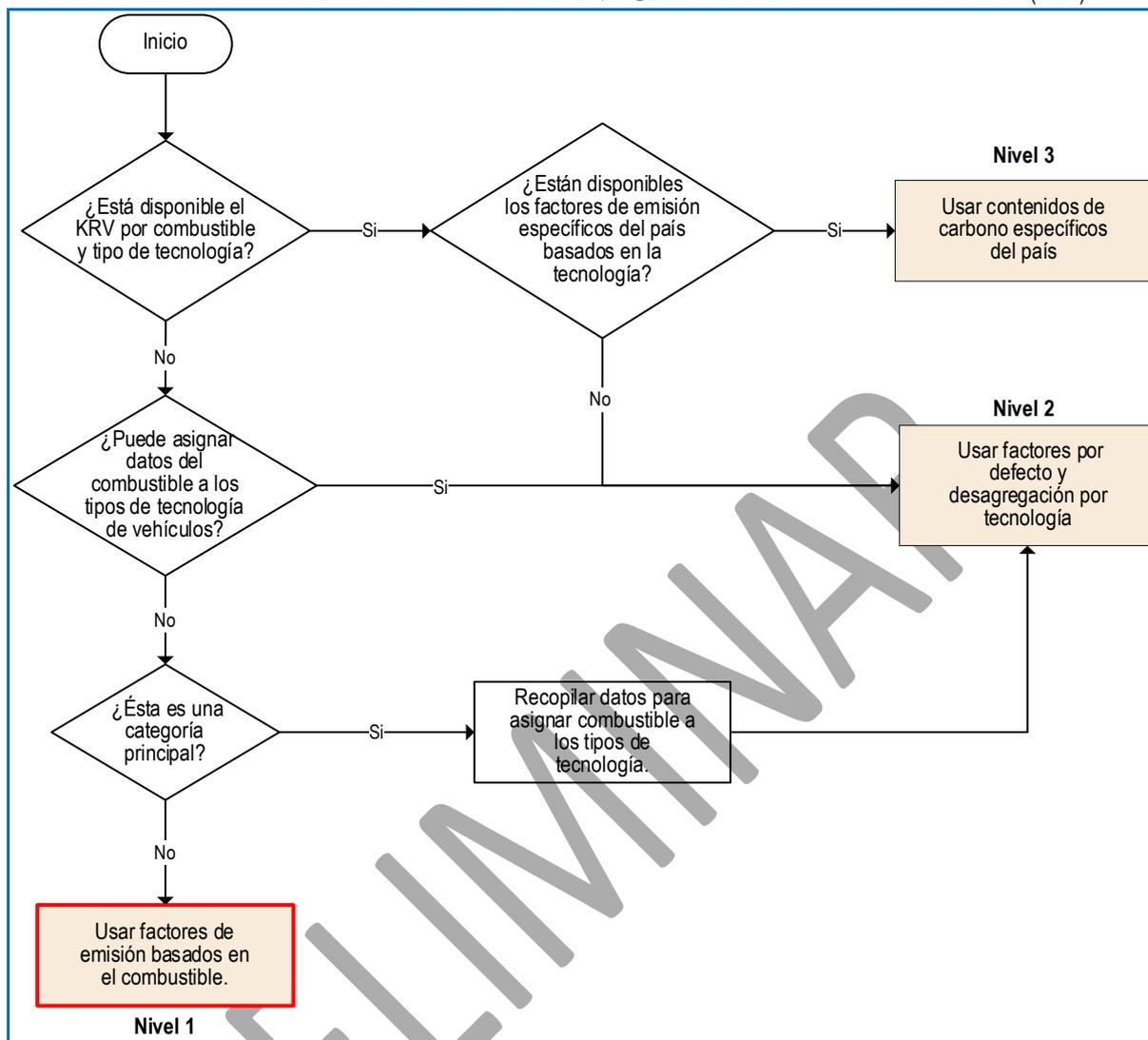
FIGURA 5: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 2.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

En el caso de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, esta categoría no es principal y, debido a que no se cuenta con información por tipo de tecnología, se han estimado las emisiones utilizando el método de cálculo Nivel 1. Las estimaciones de la categoría se realizaron utilizando las ecuaciones 3.2.1 para CO<sub>2</sub> y 3.2.3 para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de las Directrices del IPCC de 2006. En la Figura 6, se presenta el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes las actividades de quema de combustible de las Directrices del IPCC de 2006, que facilita la elección de nivel.

FIGURA 6: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O DE LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 2.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

*Factores de Emisión*

Se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. En el Cuadro 13, se detallan los factores de emisión utilizados y su equivalencia con los combustibles utilizados en la región.

CUADRO 13: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRANSPORTE TERRESTRE (1A3B).

FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub>	
TIPO DE COMBUSTIBLE	CO <sub>2</sub> (Kg/TJ)
Gasolina para motores	69 300
Gas/Diesel Oil	74 100
Gases licuados de petróleo	63 100
Queroseno	71 900
Lubricantes	73 300
Gas natural comprimido	56 100
Gas natural licuefactado	56 100
Biogasolina/Biodiesel*	70 800

FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DE N <sub>2</sub> O Y CH <sub>4</sub>		
TIPO DE COMBUSTIBLE/CATEGORÍA REPRESENTATIVA DE VEHÍCULO	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasolina para motores - sin controlar	33	3.2
Gasolina para motores - catalizador de oxidación	25	8
Gasolina para motores - vehículo para servicio ligero con poco kilometraje, modelo 1995 o más nuevo	3.8	5.7
Gas/Diesel Oil	3.9	3.9
Gas Natural	92	3
Gas licuado de petróleo	62	0.2
Etanol, camiones Estados Unidos	260	41
Etanol, automóviles, Brasil	18	NA

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Datos de Actividad

##### - Consumo de combustibles en el transporte terrestre

Se considero la información registrada por la DSR del OSINERGMIN, sobre la demanda anual de combustibles según categorías y por departamento. Una de las categorías es Demanda de establecimiento de venta al público (sin incluir grifos flotantes). Esta información fue solicitada mediante oficio y los datos obtenidos se muestra en el Cuadro 14.

**CUADRO 14:** CONSUMO FINAL DEL SECTOR TRANSPORTE DEL 2021 – TERRESTRE.

TIPO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD	UNIDAD
GLP	154.4	MBLS
	5	
Gasohol	216.6	MBLS
	1	
Gasolina motor	0.00	MBLS
Diésel B5	456.6	MBLS
	8	
GNV	0.00	MMPC

Fuente: OSINERGMIN.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

##### - Vehículos circulantes

Se considero la información registrada por la AAP, sobre el parque automotor circulante anual por clase y según departamento. Esta información fue solicitada mediante oficio y los datos obtenidos se muestra en el Cuadro 15.

**CUADRO 15:** PARQUE AUTOMOTOR CIRCULANTE POR CLASE DE VEHÍCULO DEL 2021.

PARQUE AUTOMOTOR CIRCULANTE ESTIMADO POR CLASE DE VEHÍCULO (NÚMERO DE VEHÍCULOS) AÑO 2021									
AUTOMOVIL	STATION WAGON	CAMIONETAS			OMNIBUS	CAMIÓN	REMOLCADOR	VEH. AUT. MEN. (*)	TOTAL
		PICK UP	RURAL	PANEL					
21 836	12 844	6 213	7 926	1 539	1 908	4 890	1 736	28 904	87 796

Fuente: AAP.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- **Vehículos Inscritos**

Se considero la información registrada por la OGPP del MTC, sobre el parque automotor nacional registrado por tipo de combustible. Esta información fue recopilada del RAGEI y se muestra en el

Cuadro 16.

**CUADRO 16:** PARQUE AUTOMOTOR INSCRITOS POR TIPO DE VEHÍCULO Y TIPO DE COMBUSTIBLE DEL 2021.

TIPO DE COMBUSTIBLE	TIPO DE VEHICULO INSCRITOS 2007 - 2021 (NÚMERO DE VEHÍCULOS)									TOTAL
	AUTOMOVIL	STATION WAGON	CAMIONETAS			OMNIBUS	CAMIÓN	REMOL-CADOR	AUTOMOTOR MENOR	
			PICK UP	RURAL	PANEL					
TOTAL - 2007 a 2021	1,037 441	90 504	268 800	650 989	84 935	47 188	205 731	45 348	3 868 714	6 299 650
GLP	134 345	7 327	3 417	60 205	14 799	158	1 493	0	134 935	356 679
GNV	100 728	27 079	869	13 602	2 597	4 886	904	574	6 067	157 306
Diesel	1 551	7 341	239 587	103 202	13 856	41 472	199 192	44 749	874	651 824
Gasolina	800 817	48 757	24 927	473 980	53 683	672	4 142	25	3 726 838	5 133 841

Fuente: OGPP del MTC.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**Ferrocarril (1A3c)**

Incluye las emisiones de GEI por la quema de combustibles para el transporte por ferrocarriles tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros, esta categoría de fuente no ocurre en 2021 por tanto no se ha estimado las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

**Navegación Marítima y Fluvial (1A3d)**

Esta categoría de fuente se refiere a las emisiones de los combustibles utilizados por los barcos que viajan dentro de las fronteras de un mismo país, esta subcategoría excluye la pesca y los viajes militares. Tacna, al ser una ciudad ubicada en el interior y no contar con infraestructura portuaria, no presenta actividad de navegación marítima. La navegación fluvial, que se refiere a la navegación en ríos, tampoco es aplicable a Tacna ya que no cuenta con ríos navegables de gran envergadura que permitan este tipo de transporte. Por lo tanto, la ausencia de actividad de navegación marítima y fluvial en Tacna se puede justificar por su ubicación geográfica, la ausencia de vías navegables que permitan el transporte marítimo o fluvial de gran escala y la falta de infraestructura para este tipo de transporte.

**OTROS SECTORES (1A4)**

Esta categoría incluye las emisiones de las actividades de quema para la generación de electricidad y calor para uso propio, de los sectores Comercial e institucional, Residencial, y Agricultura, silvicultura, pesca y piscifactorías. El Cuadro 17 detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

CUADRO 17: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – OTROS SECTORES (1A4).

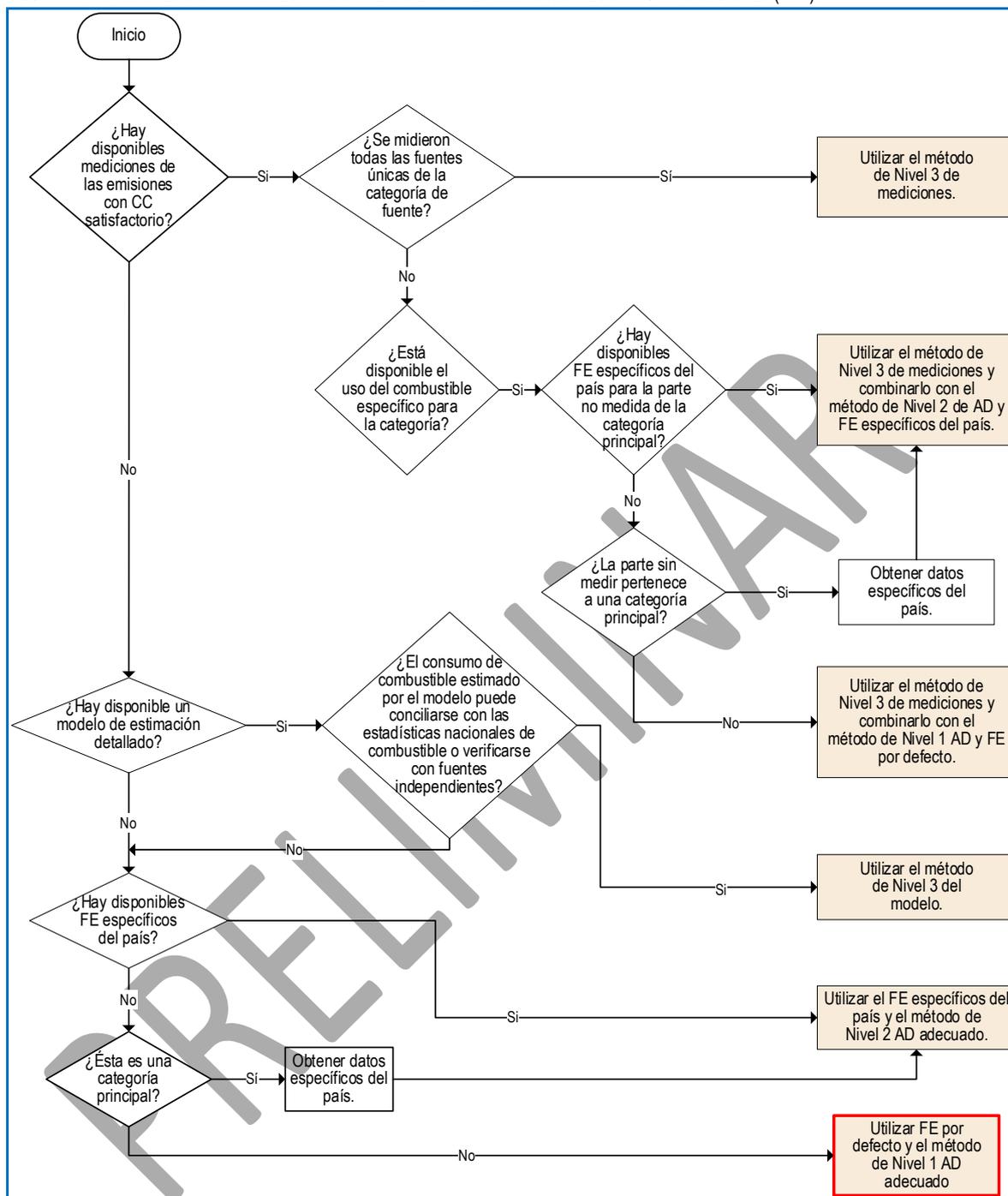
CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
1A4a	Comercial/Institucional	Emisiones de la quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales; todas las actividades incluidas en las Divisiones 41, 50, 51, 52, 55, 63 a 67, 70 a 75, 80, 85, 90 a 93, y 99 de la ISIC.	N1	D	N1	D	N1	D
1A4b	Residencial	Todas las emisiones por la quema de combustible en hogares.	N1	D	N1	D	N1	D
1A4c	Agricultura/ Silvicultura/ Pesca/ Piscifactorías	Emisiones de la quema de combustibles utilizados en agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras, tales como piscifactorías. Actividades incluidas en las divisiones 01, 02 y 05 de la ISIC. Se excluye el transporte agrícola por autopistas. Todas las actividades de combustión en el sector agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras (como piscifactorías).	N1	D	N1	D	N1	D

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto.  
Fuente: Directrices del IPC.  
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Método de Cálculo

La metodología seguida para estimar las emisiones de GEI en esta categoría varía según cada fuente de emisión de GEI. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que la categoría 1A4 es principal tanto para combustibles líquidos como gaseosos, lo ideal sería recopilar el contenido de carbono de cada combustible específico del país. Sin embargo, debido a la falta de esta información a nivel regional, se ha empleado el método de cálculo de Nivel 1, que utiliza contenidos de carbono por defecto. Para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, al no ser esta una categoría principal y no contar con factores de emisión específicos del país, las emisiones se calcularon utilizando el método de cálculo de Nivel 1. Las estimaciones de esta categoría se basaron en las ecuaciones 2.1 y 2.2 de las Directrices del IPCC de 2006. En la Figura 7, se presenta el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes las actividades de quema de combustible de las Directrices del IPCC de 2006.

FIGURA 7: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA OTROS SECTORES (1A4).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 2.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### Factores de Emisión

Se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, esta información se muestra en el Cuadro 18.

**CUADRO 18:** FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA OTROS SECTORES (1A4).

TIPO DE COMBUSTIBLE - CLASIFICACIÓN NACIONAL*	TIPO DE COMBUSTIBLE - IPCC*	FACTORES DE EMISIÓN DEL SECTOR COMERCIAL/ INSTITUCIONAL (1A4a)			FACTORES DE EMISIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL (1A4b)			FACTORES DE EMISIÓN DEL SECTOR AGRICULTURA/ SILVICULTURA/ PESCA/ PISCIFACTORÍAS (1A4c)		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
		FE POR DEFECTO (kgCO <sub>2</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgCH <sub>4</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgN <sub>2</sub> O/TJ)	FE POR DEFECTO (kgCO <sub>2</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgCH <sub>4</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgN <sub>2</sub> O/TJ)	FE POR DEFECTO (kgCO <sub>2</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgCH <sub>4</sub> /TJ)	FE POR DEFECTO (kgN <sub>2</sub> O/TJ)
Gas licuado de petróleo	Gases licuados de petróleo	63 100.00	5	0.1	63 100.00	5	0.1	63 100.00	5	0.1
Gasolina motor	Gasolina para motores	69 300.00	10	0.6	69 300.00	10	0.6	69 300.00	10	0.6
Gasohol	Gasolina para motores	69 300.00	10	0.6	71 900.00	10	0.6	71 900.00	10	0.6
Kerosene	Kerosene	71 900.00	10	0.6	74 100.00	10	0.6			
Diésel B5	Diésel	74 100.00	10	0.6	77 400.00	10	0.6	74 100.00	10	0.6
Petróleo residual	Fuelóleo residual	77 400.00	10	0.6				77 400.00	10	0.6
Coque	Carbón de coque	94 600.00	10	1.5	94 600.00	300	1.5	94 600.00	300	1.5
Carbón mineral	Antracita	98 300.00	10	1.5	98 300.00	300	1.5	98 300.00	300	1.5
Gas industrial	Gas industrial	56 126.26	5	0.1	57 600.00	5	0.1	57 600.00	5	0.1
Gas Natural	Gas natural				56 126.26	5	0.1	56 126.26	5	0.1
Carbón vegetal	Carbón vegetal	112 000	200	1	112 000.00	200	1	100 000.00	300	4
Bagazo	Otra biomasa sólida primaria	100 000.00	300	4	100 000.00	300		112 000.00	200	1
Bosta/Yareta	Otra biomasa sólida primaria	100 000.00	300	4	100 000.00	300		100 000.00	300	4
Leña	Madera/Desechos de madera	100 000.00	300	4	100 000.00	300		100 000.00	300	4
Etanol	Biogasolina	70 800	10	0.6	70 800.00			70 800.00	10	0.6
Biodiésel	Biodiésel	70 800	10	0.6				70 800.00	10	0.6

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Datos de Actividad

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen del BNE del capítulo sobre la matriz de BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2021 en Unidades Originales, en el Cuadro 19, el Cuadro 20 y el Cuadro 21 se muestra el consumo de energía en el sectores de esta subcategoría por cada combustible utilizado.

**CUADRO 19:** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR COMERCIAL Y PÚBLICO.

COMBUSTIBLE	UNIDAD ORIGINAL	COMERCIAL	PÚBLICO
Carbón mineral	10 <sup>3</sup> ton	0.01	0
Leña	10 <sup>3</sup> ton	277.51	5.3
Carbón vegetal	10 <sup>3</sup> ton	41.27	0.02
Gas Lic. de Pet.	10 <sup>3</sup> bbl	975.18	16.4
Gasohol	10 <sup>3</sup> bbl	2.15	0
Gasolina Motor	10 <sup>3</sup> bbl	11.89	0.01
DB5	10 <sup>3</sup> bbl	716.05	708
Pet. Industrial	10 <sup>3</sup> bbl	0.1	0
Gas Natural	10 <sup>6</sup> PC	6 966.20	149

Fuente: BNE 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**CUADRO 20:** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.

COMBUSTIBLE	UNIDAD ORIGINAL	RESIDENCIAL
Leña	10 <sup>3</sup> ton	6 268.70
Bosta y yareta	10 <sup>3</sup> ton	292.5
Carbón vegetal	10 <sup>3</sup> ton	129.8
Gas Lic. de Pet.	10 <sup>3</sup> bbl	9 604.00
Gas Natural	10 <sup>6</sup> PC	7 696.80

Fuente: BNE 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**CUADRO 21:** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y PESQUERÍA.

COMBUSTIBLE	UNIDAD ORIGINAL	AGROPECUARIO	PESQUERÍA
Carbón mineral	10 <sup>3</sup> ton	0.13	0
Leña	10 <sup>3</sup> ton	4.85	0.6
Carbón vegetal	10 <sup>3</sup> ton	0.005	0.01
Gas Lic. de Pet.	10 <sup>3</sup> bbl	35.01	4.5
Gasohol	10 <sup>3</sup> bbl	0	0
Gasolina Motor	10 <sup>3</sup> bbl	319.87	787.1
DB5	10 <sup>3</sup> bbl	381.34	346
Pet. Industrial	10 <sup>3</sup> bbl	0	2
Gas Natural	10 <sup>6</sup> PC	15.1	136.7

Fuente: BNE 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

La principal fuente de datos para esta subcategoría es el BNE; sin embargo, fue necesario usar información adicional para aproximar el consumo a nivel regional, para esto se recurrió al dato de PBI departamental del sector: i) Alojamiento y restaurantes, ii) Administración pública y defensa, iii) Población estimada por departamento, iv) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, y v) pesca y acuicultura. Estos datos se muestran en el Cuadro 22 y el Cuadro 23.

**CUADRO 22:** VALOR AGREGADO BRUTO PARA ALOJAMIENTO Y RESTAURANTES, Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA, VALOR A PRECIO CONSTANTE (ESTRUCTURA PORCENTUAL).

DEPARTAMENTO	VAB PARA ALOJAMIENTO Y RESTAURANTES	VAB DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA	VAB DE AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SILVICULTURA	VAB DE PESCA Y ACUICULTURA
TACNA	0.69	1.12	1.4	3.4

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**CUADRO 23:** POBLACIÓN ESTIMADA DEPARTAMENTAL Y NACIONAL.

DEPARTAMENTO	HABITANTES
Tacna	377 842
Población nacional	33 035 304

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.1.4 RESULTADOS DE EMISIONES

El Sector Energía incluye las emisiones de la categoría Actividades de quema de combustibles (1A), que abarca las subcategorías Industrias manufactureras y de la construcción (1A2), Transporte (1A3) y Otros sectores (1A4). En el 2021, las emisiones del Sector Energía fueron de 472.88 GgCO<sub>2</sub>, que representan el **49.50%** de las emisiones a nivel regional, la principal fuente de emisión es la subcategoría Transporte (1A3) con 297.99 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 63.02% de las emisiones de Sector. El siguiente cuadro muestra la distribución de las emisiones de GEI por categoría y subcategorías.

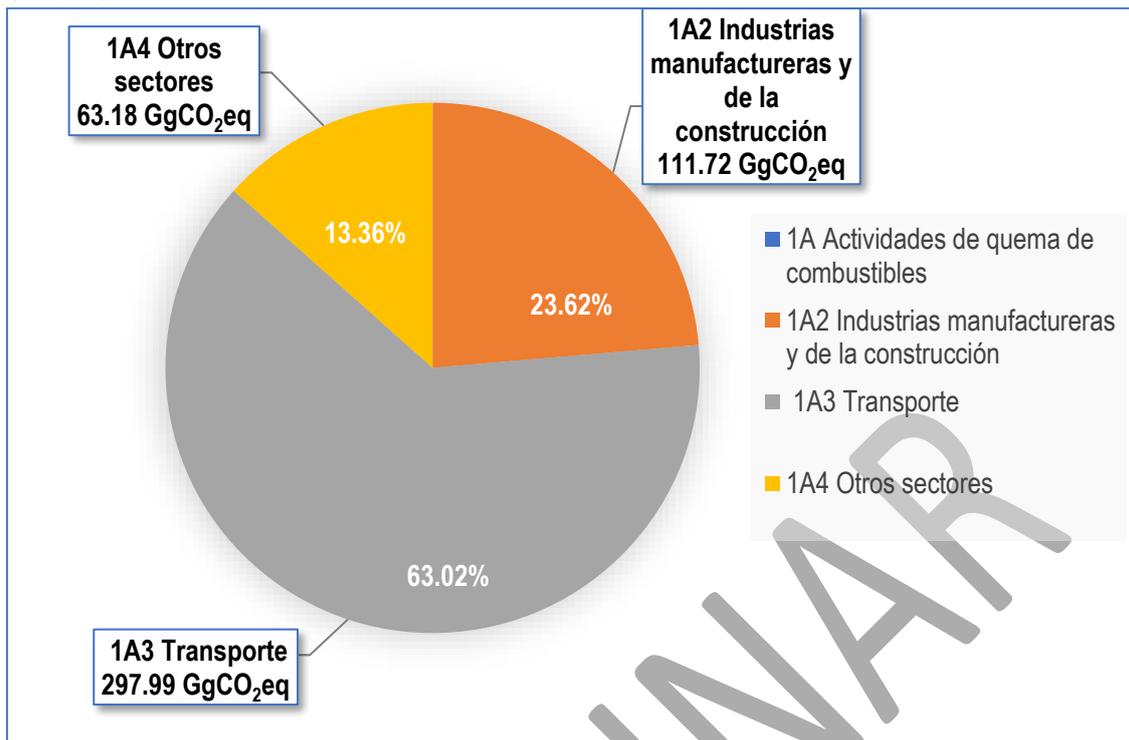
CUADRO 24: RESULTADOS DE EMISIONES DEL SECTOR ENERGÍA.

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]
<b>1</b>	<b>Energía</b>	<b>454.49</b>	<b>0.46</b>	<b>12.97</b>	<b>0.02</b>	<b>5.43</b>	<b>472.88</b>
<b>1A</b>	<b>Actividades de quema del combustible</b>	<b>454.49</b>	<b>0.46</b>	<b>12.97</b>	<b>0.02</b>	<b>5.43</b>	<b>472.88</b>
<b>1A2</b>	<b>Industrias manufactureras y construcción</b>	<b>111.26</b>	<b>0.01</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.27</b>	<b>111.72</b>
	1A2g Otro	111.26	0.01	0.19	0.00	0.27	111.72
	1A2giii Minería (con excepción de combustibles) y cantería	91.80	0.00	0.10	0.00	0.18	92.08
	1A2gviii Industria no especificada	19.45	0.00	0.09	0.00	0.09	19.64
<b>1A3</b>	<b>Transporte</b>	<b>291.44</b>	<b>0.10</b>	<b>2.68</b>	<b>0.01</b>	<b>3.88</b>	<b>297.99</b>
	1A3a Aviación civil	0.41	-	-	-	-	0.41
	1A3b Transporte terrestre	291.01	0.10	2.68	0.01	3.88	297.57
	1A3bi Automóviles	65.96	0.04	1.13	0.00	0.53	67.62
	1A3bii Camiones para servicio ligero	94.59	0.02	0.45	0.00	1.21	96.25
	1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	91.22	0.02	0.46	0.01	1.74	93.42
	1A3biv Motocicletas	39.25	0.02	0.64	0.00	0.40	40.29
	1A3c Aviación civil	-	-	-	-	-	-
	1A3d Navegación marítima y fluvial	-	-	-	-	-	-
	1A3e Otro tipo de transporte	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	1A3eii Todo terreno	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
<b>1A4</b>	<b>Otros sectores</b>	<b>51.79</b>	<b>0.36</b>	<b>10.10</b>	<b>0.00</b>	<b>1.28</b>	<b>63.18</b>
	1A4a Comercial/Institucional	10.10	0.01	0.34	0.00	0.05	10.49
	1A4b Residencial	34.11	0.35	9.72	0.00	1.21	45.04
	1A4c Agricultura/ silvicultura/ pesca	7.58	0.00	0.05	0.00	0.02	7.64
<b>1B</b>	<b>Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles</b>	-	-	-	-	-	-

Fuente: Equipo Técnico ERCC.

En el Gráfico 16, se muestra que en el Sector Energía la subcategoría transporte tiene un aporte del 63.02% siendo la más representativa, seguida de la subcategoría Industrias manufactureras y de la construcción con un aporte del 23.62%, y otros sectores presenta un valor del 13.36%.

GRÁFICO 16: RESULTADOS EMISIONES DEL SECTOR ENERGÍA.



Elaboración: Equipo técnico ERCC.

## 3.2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (PIUP)

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

En el Sector PIUP en base a las categorías definidas para las estimaciones de GEI, se trabajan con las actividades económicas de Industria Manufactura y Extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos.

### 3.2.2 FUENTES DE EMISIÓN

El Sector PIUP se abordan las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de productos que contienen GEI y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos.

Dentro de este sector se incluye las categorías de la industria de los minerales (2A), industria química (2B), industria de los metales (2C), uso de productos no energéticos de combustible y de solvente (2D), industria electrónica (2E), uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F), y manufactura y utilización de otros productos (2G), y otros (2H). Cabe indicar que en los alcances del RAGEI PIUP se reportaron las emisiones para las categorías; 2A, 2B, 2C y 2H, sin embargo, a nivel regional solo se han reportado datos para las actividades de la categoría 2A, esto se debe a que no se cuenta con información sobre la ocurrencia de las actividades económicas asociadas en las categorías 2B, 2C y 2H, para el departamento de Tacna del año 2021.

En el Cuadro 25, se muestra las categorías de emisiones y los gases generados del Sector PIUP, que han sido fuentes de evaluación en el presente inventario.

CUADRO 25: CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORIZACIÓN IPCC	GEI GENERADOS
<b>2</b>	<b>Procesos Industriales y Uso de Productos</b>	<b>Sector</b>	
2A	Industria de los minerales	Categoría	
2A4	Otros usos de carbonatos en los procesos	Subcategoría	CO <sub>2</sub>
2A4a	Cerámicas		

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.2.3 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN

#### 3.2.3.1 Industria de Minerales (2A)

Según el IPCC del 2006, las actividades de la categoría Industria de Minerales abarca las emisiones de los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. La categoría incluye las siguientes subcategorías:

- 2A1 Producción de cemento.
- 2A2 Producción de cal
- 2A3 Producción de vidrio
- 2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos
- 2A5 Otros

En el contexto regional solo se reportan datos de actividad para la subcategoría 2A4. Puesto que no se registra actividad en las demás subcategorías.

#### OTROS USOS DE CARBONATOS EN LOS PROCESOS (2A4)

El proceso de la calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce CO<sub>2</sub>, sin embargo, ciertos usos de carbonatos tales como; la piedra caliza como agregado no produce la liberación de CO<sub>2</sub>. En esta subcategoría 2A4 incluye piedra caliza, dolomita y otros carbonatos que son materias primas básicas que tienen aplicaciones comerciales en numerosas industrias. Dentro de las industrias que utilizan carbonatos para la producción de cemento, producción de cal y producción de vidrio, también se consumen en la metalurgia, en la agricultura, en la construcción y en el control de la contaminación ambiental. La subcategoría incluye las siguientes fuentes:

- 2A4a Cerámicas
- 2A4b Otros usos de la ceniza de sosa

#### Cerámicas 2A4a

Las emisiones relacionadas con los procesos de las cerámicas provienen de la calcinación de los carbonatos contenidos en la arcilla (se calientan a altas temperaturas en un horno, lo que produce óxidos y CO<sub>2</sub>), así como de la inclusión de aditivos. La mayoría de los productos cerámicos se fabrican a partir de uno o más tipos de arcilla.

En el Cuadro 26, se detalla la subcategoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) y el factor de emisión.

**CUADRO 26: FUENTES DE EMISIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>	
			MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
2A4a	Producción de cerámicas	La cerámica se define como las emisiones vinculadas de procesos de la producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y pavimentos, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos (IPCC, 2006).	Nivel 1	D

Nota: D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

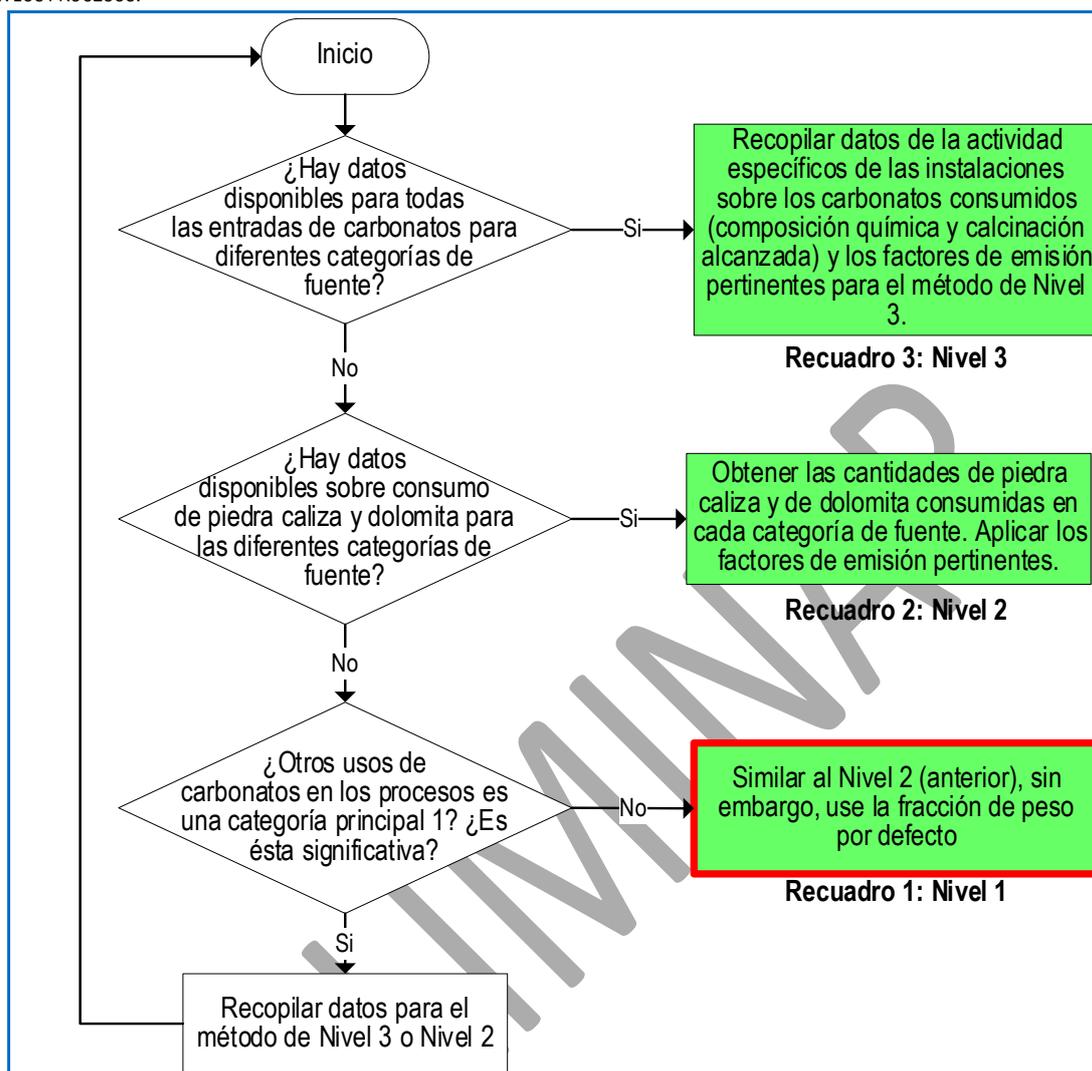
#### *Método de Cálculo*

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos sobre la cantidad de carbonatos consumido y factores de emisión por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando datos sobre la cantidad piedra caliza o dolomita consumida y factores de emisión pertinentes.
- Nivel 3: Estima las emisiones empleando datos de la actividad de las instalaciones sobre los carbonatos consumidos y factores de emisión pertinentes.

En la Figura 8, se muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones generadas por la producción de cerámicas.

**FIGURA 8:** ÁRBOL DE DECISIÓN PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE OTROS USOS DE LOS CARBONATOS EN LOS PROCESOS.



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 3.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Por tanto, para el análisis del árbol de decisión se consideró lo siguiente:

- No se dispone de datos detallados sobre las entradas de carbonatos utilizados en la producción de cerámicas.
- No se cuenta con datos sobre consumo de piedra caliza y dolomita.
- Esta categoría no representa una categoría principal.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI de esta categoría, corresponde el Nivel 1.

#### *Datos de la Actividad*

La fuente de información referida al dato de actividad ha sido obtenida a partir de información primaria de las empresas representativas de la región de Tacna de dicha actividad, a través de formularios.

En el Cuadro 27, se presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta categoría.

**CUADRO 27:** DATOS DE LA ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD IPCC	DATO	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
2A4a	Cerámicas	Masa del carbonato (calcita o dolomita) consumida en los procesos	Producción de cerámicos de pared y piso	m <sup>2</sup>	Empresas privadas
			Producción de ladrillo de techo (hueco)	Millar de unidades	
			Producción de ladrillo King Kong	Millar de unidades	
			Producción de ladrillo pandereta	Millar de unidades	
			Producción de otros ladrillos para muro	Millar de unidades	
			Masa promedio por metro cuadrado de cerámicos de pared y piso	kg	
			Masa promedio por unidad de ladrillo techo (hueco)	kg	
			Masa promedio por unidad de ladrillo King Kong	kg	
			Masa promedio por unidad de ladrillo pandereta	kg	
			Masa promedio por unidad de otros ladrillos para muro/masa promedio por unidad de ladrillo (promedio general)	kg	

Planilla de estimación de masas de cerámicos (PRODUCE, 2022b)

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

La identificación de empresas se realizó a partir de la revisión del directorio de empresas registradas en actividad de la SUNAT que fueron proporcionadas por la Dirección Regional de Producción del Gobierno Regional de Tacna, seleccionando por tipo de actividad económica correspondiente a la fabricación de materiales de construcción de arcilla (CIU 2392 de la cuarta revisión). Cabe mencionar que no se incluye información sobre otros tipos de cerámicas diferentes a ladrillos, esto debido a que las empresas identificadas no producen cerámicas de piso y pared. Por tanto, el alcance de la estimación es solo ladrillos.

La producción de ladrillos (tanto para ladrillo King Kong, pandereta, techo, muro y otros), fueron obtenidas mediante formularios enviados a las empresas de la región de Tacna. Cabe indicar que, el reporte de las empresas se mantiene en confidencialidad y forma parte de los documentos de soporte del inventario regional.

Para determinar la masa de carbonatos consumidos en el caso de cerámicas, se multiplica la producción de ladrillos y la masa promedio de los ladrillos para estimar la masa total de productos cerámicos (ladrillos), a los cuales se les aplica los factores de conversión. Los valores de los datos utilizados para el año 2021 se presenta en la Tabla 10 y Tabla 11.

**TABLA 10:** PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN LA REGIÓN DE TACNA.

TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	2019	2020	2021	2022
		VALOR (ton)			
Producción de ladrillo de techo (hueco)	Millar de unidades	3 381	2 532	4 579	4 176
Producción de ladrillo King Kong	Millar de unidades	6 926	4 923	9 052	10 646
Producción de ladrillo pandereta	Millar de unidades	329	121	525	822
Producción de otros ladrillos para muro	Millar de unidades	14 191	12 889	18 997	16 221

Fuente: Empresas privadas de la Región de Tacna.

**TABLA 11:** MASA PROMEDIO SEGÚN TIPO DE LADRILLO.

TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	2019	2020	2021	2022	PROMEDIO
		VALOR (ton)				
Producción de ladrillo de techo (hueco)	Kg/unidad	7.68	7.69	7.65	7.66	7.67
Producción de ladrillo King Kong	Kg/unidad	3.53	3.52	3.52	3.52	3.53
Producción de ladrillo pandereta	Kg/unidad	2.53	2.51	2.53	2.53	2.53
Producción de otros ladrillos para muro	Kg/unidad	4.19	4.25	4.20	4.23	4.22
Promedio general para ladrillos	Kg/unidad	4.48	4.49	4.47	4.49	4.48

Fuente: Empresas privadas de la Región de Tacna.

### Factor de Emisión y Conversión

El factor de emisión utilizado para estimar las emisiones por la producción de cerámicas corresponde al valor por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, y factor de emisión calculado tal como se presenta en la Tabla 12.

**TABLA 12:** FACTOR DE EMISIÓN UTILIZADO EN LA ESTIMACIÓN DE LA SUBCATEGORÍA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS.

DATO	VALOR	UNIDAD	CALCULADO/POR DEFECTO	FUENTE DE INFORMACIÓN
Factor de emisión por calculado de CO <sub>2</sub> para la producción de cerámicas	0.44535	Ton de CO <sub>2</sub> /ton de carbonato	C	Resultado del cálculo realizado
Factor de emisión por defecto de CO <sub>2</sub> para la calcinación de piedra caliza	0.43971	ton de CO <sub>2</sub> /ton de calcita consumida	D	Aplica en el nivel 1, se utiliza junto con la participación de caliza en los carbonatos (85 %) para calcular un factor de emisión general. Se deriva por estequiometría del CO <sub>2</sub> liberado de la calcinación de calcita. Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 2.7, Cuadro 2.1
Factor de emisión por defecto de CO <sub>2</sub> para la calcinación de dolomita	0.47732	ton de CO <sub>2</sub> /ton de dolomita consumida	D	Aplica en el nivel 1, se utiliza junto con la participación de dolomita en los carbonatos (15 %) para calcular un factor de emisión general. Se deriva por estequiometría del CO <sub>2</sub> liberado de la calcinación de dolomita. Fuente: G Directrices del IPCC de 2006. L2006. Vol. 3, p. 2.7, Cuadro 2.1
Participación por defecto de carbonatos consumidos por tipo (% de caliza/% de dolomita)	85/15	% de caliza/% de dolomita	D	Se indica que es la relación por defecto al desconocerse los tipos de carbonatos consumidos. Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 2.38
Factor de pérdidas por defecto (relación de arcilla usada y cerámico producido)	1.1	fracción	D	Se indica que es la relación a considerar por defecto para calcular masa de arcilla utilizada. Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 2.41
Contenido por defecto de carbonatos en las arcillas	10	%	D	Aplica como valor por defecto al desconocerse el contenido de carbonatos de las arcillas. Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Vol. 3, p. 2.38

Nota: C = Calculado, D = por Defecto.

Elaboración: Equipo técnico ERCC, en base a Directrices del IPCC de 2006, Volumen 3, Capítulo 2.

### Otros Usos de la Ceniza de Sosa 2A4b

La ceniza de sosa es utilizada en una variedad de aplicaciones, incluidas la producción de vidrio, de jabones y de detergentes, la desulfuración de gases de combustión por vía húmeda; los productos químicos; la pulpa y el papel y otros productos de consumo común. Tanto la producción como el consumo de la ceniza de sosa producen la liberación de CO<sub>2</sub>. Las emisiones de la producción de ceniza de sosa se declaran en la Industria química, mientras que las emisiones provenientes de su uso se declaran en los respectivos sectores de uso final donde la ceniza de sosa es utilizada.

Para esta subcategoría de fuente no se ha realizado la estimación, dado que, no hay empresas que registren actividad en este rubro, asimismo según lo reportado por la SUNAT no hay registro importación y exportación de carbonato de sodio (ceniza de sosa) en el departamento de Tacna para el año 2021.

#### 3.2.3.2 Industria Química (2B)

Según el IPCC (2006) las actividades de la categoría Industria Química abarca las emisiones de los procesos que resultan de la producción de varios productos químicos inorgánicos y orgánicos. La categoría incluye las siguientes subcategorías:

- 2B1 Producción de amoníaco.
- 2B2 Producción de ácido nítrico
- 2B3 Producción de ácido adípico
- 2B4 Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico
- 2B5 Producción de carburo
- 2B6 Producción de dióxido de titanio
- 2B7 Producción de ceniza de sosa
- 2B8 Producción Petroquímica y de Negro de humo
- 2B9 Producción fluoroquímica

En el contexto regional no se reportan actividad para dichas subcategorías, dado que, no hay registro de empresas que realicen dichas actividades económicas.

#### 3.2.3.3 Industria de Metales (2C)

Según el IPCC del 2006, las actividades de la categoría Industria de Metales abarca las emisiones de los procesos que resultan de la producción metales. La categoría incluye las siguientes subcategorías:

- 2B1 Producción de hierro y acero.
- 2B2 Producción de ferroaleaciones
- 2B3 Producción de aluminio
- 2B4 Producción de magnesio
- 2B5 Producción de plomo
- 2B6 Producción de zinc (o cinc)
- 2B7 Producción de ceniza de sosa

A nivel de la región de Tacna no hay registro de empresas que realicen dichas actividades económicas, así mismo según los reportes estadísticos al 2021 del MINEM no se registraron producción de metales para dichas subcategorías.

#### 3.2.3.4 Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (2F)

Según el IPCC del 2006, los HFC y, en una medida muy limitada, los PFC, sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. Las áreas actuales y previsibles de aplicación de los HFC y los PFC incluyen las siguientes categorías:

- 2F1 Refrigeración y aire acondicionado
- 2F2 Agentes espumantes
- 2F3 Productos contra incendios
- 2F4 Aerosoles
- 2F5 Solventes
- 2F5Otras aplicaciones

A nivel nacional solo se ha realizado la estimación para la subcategoría 2F1, según el último informe del RAGEI PIUP. Sin embargo, en la región de Tacna no hay registro de producción, importación y exportación de sustancias de refrigerantes HFC según lo reportado por la SUNAT, por tanto, no se realizaron las estimaciones para la subcategoría “Refrigeración y aire acondicionado”.

### 3.2.4 RESULTADOS DE EMISIONES

Las emisiones de GEI generadas en el Sector PIUP para el año 2021 están vinculadas principalmente a la categoría Industria de los Minerales registrando un valor de 7.28 GgCO<sub>2</sub>eq, que representan el **0.76%** de las emisiones totales de Tacna. En la Tabla 13, se presenta los resultados de las emisiones de GEI del Sector PIUP en unidades de GgCO<sub>2</sub>eq.

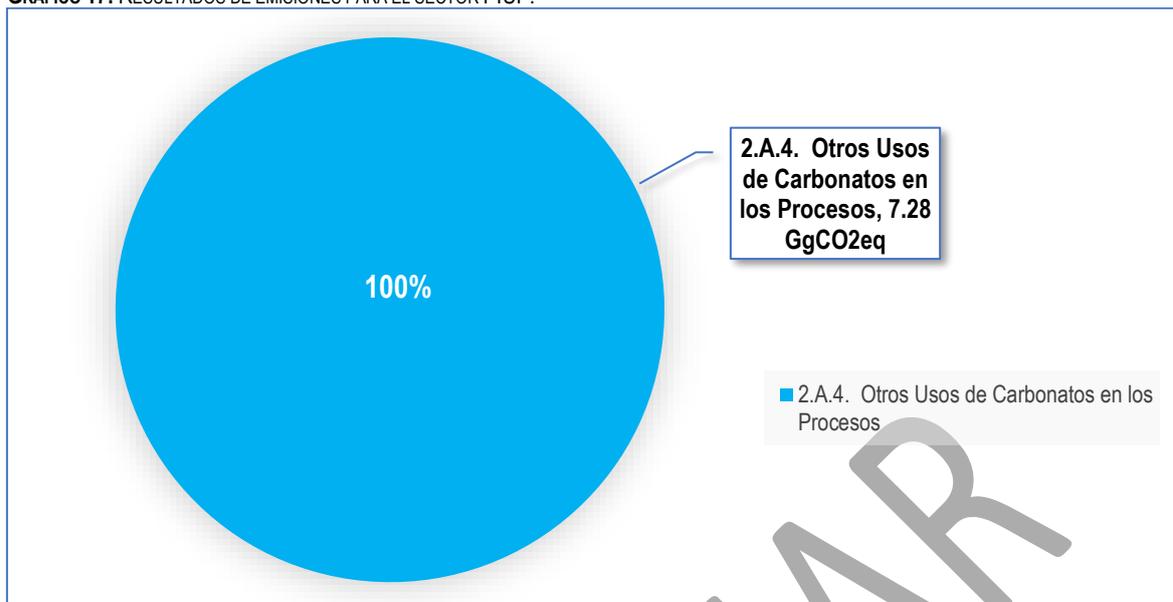
**TABLA 13:** RESULTADOS DE EMISIONES DEL GEI DEL SECTOR PIUP.

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones de HFC	Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]
<b>2</b>	<b>PIUP</b>	<b>7.28</b>	-	-	-	-	-	<b>7.28</b>
<b>2A</b>	<b>Industria de los minerales</b>	<b>7.28</b>	-	-	-	-	-	<b>7.28</b>
2A4	Otros usos de Carbonatos	7.28	-	-	-	-	-	7.28
2A4a	Cerámicas (ladrillos)	7.28	-	-	-	-	-	7.28
<b>2B</b>	<b>Industria química</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>2C</b>	<b>Industria de los metales</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>2F</b>	<b>Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono</b>	-	-	-	-	-	-	-

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En el Gráfico 17, se muestra que la subcategoría de Otros Usos de Carbonatos en los Procesos representa el 100%, siendo la actividad de Cerámicas la única fuente que aporta a las emisiones de GEI en el sector PIUP.

GRÁFICO 17: RESULTADOS DE EMISIONES PARA EL SECTOR PIUP.



Fuente: Equipo Técnico ERCC.

### 3.3 AGRICULTURA

#### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

El sector Agricultura es un pilar fundamental de la economía global, proporcionando alimentos, fibras y otros productos esenciales para la vida humana. Este sector abarca una amplia gama de actividades, desde la producción primaria de cultivos y ganado hasta la transformación de productos agrícolas. Las emisiones surgen de estas actividades a través de la fermentación entérica, el manejo de estiércol, aplicación de urea y suelos agrícolas. La agricultura ha evolucionado significativamente a lo largo de la historia, desde sistemas de subsistencia tradicionales hasta sistemas altamente tecnificados y especializado.

Cabe resaltar que para este diagnóstico no se tomó en cuenta los datos de las categorías cultivo de arroz, quema de biomasa en pastizales, quema de biomasa en tierras agrícolas y encalado, ya que dichas prácticas no son llevadas a cabo en la región Tacna.

#### 3.3.2 FUENTES DE EMISIÓN

##### 3.3.2.1 Fermentación Entérica

Emisiones de  $\text{CH}_4$  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.

##### 3.3.2.2 Manejo de Estiércol

Emisiones de  $\text{CH}_4$  generadas por la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas, también se incluyen emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  producido durante el almacenamiento y tratamiento del estiércol antes de su depósito en los campos.

##### 3.3.2.3 Suelos Agrícolas

Emisiones directas e indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  procedente de los sistemas agropecuarios. Los suelos son una fuente importante de emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ , principalmente debido a las prácticas de manejo y a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

#### 3.3.2.4 Aplicación de Urea

Emisiones de  $N_2O$ , las cuales son generadas mediante el proceso de aplicación de urea ya que es un fertilizante nitrogenado ampliamente utilizado en la agricultura, siendo un componente clave y, por lo tanto, un factor importante a considerar en las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 3.3.3 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN

#### 3.3.3.1 Fermentación Entérica (3A)

Según el IPCC del 2006, la fermentación entérica es el proceso microbiano anaeróbico que ocurre en el rumen de los animales rumiantes, como vacas, ovejas y cabras. Durante este proceso, los microorganismos descomponen los alimentos fibrosos que ingieren estos animales, produciendo ácidos grasos volátiles como fuente de energía para el animal. Sin embargo, como subproducto de esta fermentación, se genera  $CH_4$ , que es liberado a la atmósfera principalmente a través de los eructos.

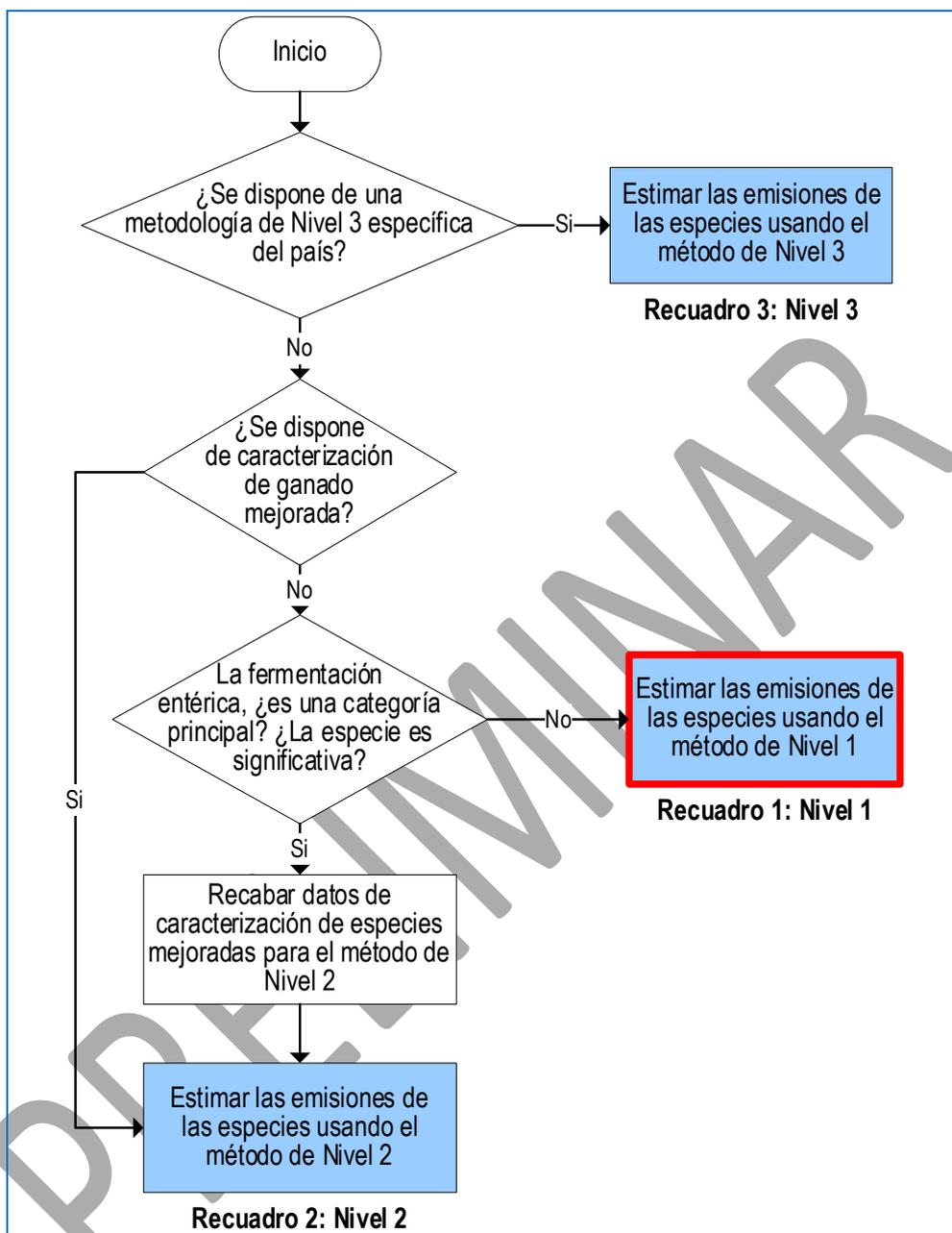
##### *Método de Cálculo*

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando un método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto obtenidos de la bibliografía.
- Nivel 2: Estima las emisiones aplicando un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país, referido a ingesta de energía bruta y a factores de conversión en  $CH_4$  para categorías específicas de ganado.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando un método que podría implicar el desarrollo de modelos sofisticados en los que se considere la composición de la dieta en detalle, la concentración de productos resultado de la fermentación en los rumiantes, las variaciones estacionales de la población animal o de la calidad y disponibilidad de alimentos, y las posibles estrategias de mitigación.

La siguiente Figura 9, se muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones generadas resultantes de fermentación entérica.

FIGURA 9: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DE CH<sub>4</sub>, RESULTANTES DE FERMENTACIÓN ENTÉRICA.



Fuente: Directrices IPCC 2006.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- Para el ganado vacuno, se dispone de una caracterización de ganado mejorada y factores de emisión específicos del país.
- Para las otras especies de ganado, no se dispone de información para realizar una caracterización de ganado mejorada.

Por lo anterior, para el ganado vacuno se calcularon las emisiones de CH<sub>4</sub> utilizando el método de cálculo Nivel 2; mientras que, para las otras especies de ganado se aplica el método de cálculo Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Datos de Actividad

En el Cuadro 28, se presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la categoría:

**CUADRO 28: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA PARA FERMENTACIÓN ENTÉRICA.**

CATEGORÍA	FUENTE DE EMISIÓN	DATOS DE ACTIVIDAD IPCC	DATOS UTILIZADOS	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE LA INFORMACIÓN
3	Agricultura		Población anual de animales vivos de la región	Cabezas	Anuario estadístico producción ganadera avícola.	Estimación de emisiones de fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado.
			Población anual de vacas en ordeño por región			
			Periodo de vida de aves que son sacrificados antes de cumplir 12 meses	Semanas y días	Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares	
			Periodo de vida de especies ganaderas que viven menos de 1 año	Meses y días	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura.	Estimación de población promedio anual que viven menos de 1 año
3A	Fermentación entérica		Aves de corral por categoría	Porcentaje	Censo Nacional Agropecuario 2012.	Desagregación de los datos de actividad de aves
			Población de ganado vacuno por categoría de sexo y edad	Porcentaje	Censo Nacional Agropecuario 2012.	Desagregación de los datos de actividad del ganado vacuno por sexo, edad y sector para realizar las debidas estimaciones.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Dentro de los Datos de Actividad IPCC contamos con dos Ítems, Población media anual de animales vivos y Población de ganado vacuno por categoría de sexo y edad, cada uno con sus respectivos datos utilizados que serán descritos a continuación:

**a) Población media anual de animales vivos**

Se obtuvo información para los datos utilizados de Población anual de animales vivos de la región, a partir del Anuario Estadístico Producción Ganadera Avícola 2021, del cual recopilamos los datos para ave, alpaca, llama, caprino, ovino, porcino y vacuno; y de población anual de animales vivos de la región para caballos, asnos/mulas y cuyes recopilado del Censo Nacional Agropecuario 2012.

En la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16, se muestra la cantidad de cabezas por sus respectivas especies en la región Tacna para el año 2021.

**TABLA 14:** POBLACIÓN ANUAL DE ANIMALES VIVOS EN LA REGIÓN.

ESPECIES	POBLACIÓN DE ANIMALES (CABEZAS)
Ave	1 190 678
Alpaca	77 128
Llama	28 397
Caprino	17 064
Ovino	35 897
Porcino	38 942
Vacuno	18 897

Fuente: Anuario estadístico de producción ganadera avícola 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 15:** POBLACIÓN ANUAL DE ANIMALES VIVOS EN LA REGIÓN.

ESPECIES	POBLACIÓN DE ANIMALES (CABEZAS)
Caballos	778
Asnos/Mulas	1 738
Cuyes	12 695

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2012.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el dato utilizado de Población de vacas en ordeño por región se recopiló la información del Anuario Estadístico Producción Ganadera Avícola 2021 como se presenta en la Tabla 16.

**TABLA 16:** POBLACION DE VACAS EN ORDEÑO.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN DE VACA DE ORDEÑO (CABEZAS)
Tacna	5 451

Fuente: Anuario estadístico de producción ganadera avícola 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para los datos utilizado de Periodo de vida de aves que son sacrificados antes de cumplir 12 meses para las especies pollos, pavos y patos se utilizó la información de la FAO 2000, cuyos datos se describen en la Tabla 17.

**TABLA 17:** PERIODO DE VIDA DE AVES QUE SON SACRIFICADAS ANTES DE CUMPLIR 12 MESES.

ESPECIES	PERIODO DE VIDA	
	SEMANAS	DÍAS
Pollos	7	49
Pavos	20	140
Patos	12	84

Fuente: FAO 2000

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el periodo de vida de especies ganaderas que viven menos de 1 año, descrito en la Tabla 18, se utilizaron los siguientes datos:

**TABLA 18:** PERIODO DE VIDA DE ESPECIES GANADERAS QUE VICEN MENOS DE 1 AÑO.

GANADO	PERIODO VIDA (DÍAS)
Porcino	105
Cuyes	90

Fuente: MIDAGRI 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Por último, para el dato utilizado Aves de corral por categoría, recopilamos información del Censo Nacional Agropecuario 2012 de las especies pollos, gallinas y gallos, patos y pavos, descrito en la Tabla 19.

**TABLA 19:** AVES DE CORRAL POR CATEGORÍA.

ESPECIES DE AVES	DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE AVES POR ESPECIE (%)
Pollos	84
Gallinas y Gallos	12
Patos	2
Pavos	1

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2012.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

#### b) Población de ganado vacuno por categoría de sexo y edad

Se obtuvo información para los datos utilizados de Población de vacunos por categoría sexo, edad, sector, obtenido del Censo Nacional Agropecuario 2012, del cual recopilamos los datos para vacas, toros, bueyes, vaquillas, vaquillonas, toretes, terneros y además de ello los subdividimos por especies Razas Holstein + Brown Swiss y otras razas no lecheras, datos representados en la Tabla 20 y Tabla 21.

**TABLA 20:** POBLACIÓN DE VACUNOS POR CATEGORÍA.

CLASES DE INTERES	POBLACIÓN CENAGRO 2012 (CABEZAS)	REPRESENTATIVIDAD (%)
Vacas	7 921	36.48
Toros	1 569	7.23
Bueyes	13	0.06
Vaquillas	1 618	7.45
Vaquillonas	1 654	7.62
Toretos	2 704	12.45
Terneros	6 234	28.71

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2012.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 21:** POBLACIÓN DE VACUNOS POR CATEGORÍA.

CLASES DE VAQUILLAS Y VAQUILLONAS	POBLACIÓN CENAGRO 2012 (CABEZAS)	REPRESENTATIVIDAD (%)
Razas Holstein + Brown Swiss	2 245	96.93
Otras razas no lecheras	71	3.07

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2012.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

#### *Factores de Emisión y conversión*

La estimación de las emisiones en cuanto al CH<sub>4</sub> por la fermentación entérica del ganado se realiza haciendo uso del factor de emisión correspondiente a cada especie. Este mismo factor de emisión puede ser tomado de del IPCC del 2006 (factor de emisión por defecto) o construido con información nacional.

En el caso de ganado vacuno (vacuno lechero y otro ganado vacuno), se cuenta con factores de emisión de fermentación entérica específica por país, los cuales fueron elaborados a través de dictamen de expertos.

En la Tabla 22, se presenta los factores de emisión nacionales para cada clase desagregada de ganado vacuno.

**TABLA 22:** FACTOR DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA POR CLASE DE GANADO VACUNO.

CATEGORÍA	FACTOR DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE VACUNOS (EF) [KG CH <sub>4</sub> /CABEZA/AÑO]
Vacas lecheras en producción	114.11
Vacas para producción de carne	88.86
Toros y bueyes	90.65
Vaquilla lechera joven de reemplazo	73.22
Vaquilla joven de reemplazo para carne	83.26
Machos jóvenes en crecimiento	77.26
Ternero/a previo al destete	21.39

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

En el caso de las demás especies de ganado, se utilizaron factores de emisión por defecto, cuyos valores se presenta en la Tabla 23.

**TABLA 23:** FACTOR DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA POR CLASE DE GANADO VACUNO.

CATEGORÍA	EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> [KG DE CH <sub>4</sub> /CABEZA/AÑO]	REFERENCIA
Ovino	5	
Caprino	5	
Caballos	18	Directrices del IPCC de 2006 refinado 2019, Vol. 4, Cap. 10, Pág. 10.37, Cuadro 10.10.
Asnos/Mulas	10	
Porcino	1	
Alpaca	8	
Llama	8	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Pág. 10.1, Cuadro 10.11.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### 3.3.3.2 Manejo de Estiércol (3B)

El IPCC reconoce al estiércol como una fuente importante de GEI, principalmente N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>. Sin embargo, también destaca su potencial como fertilizante natural que puede mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos.

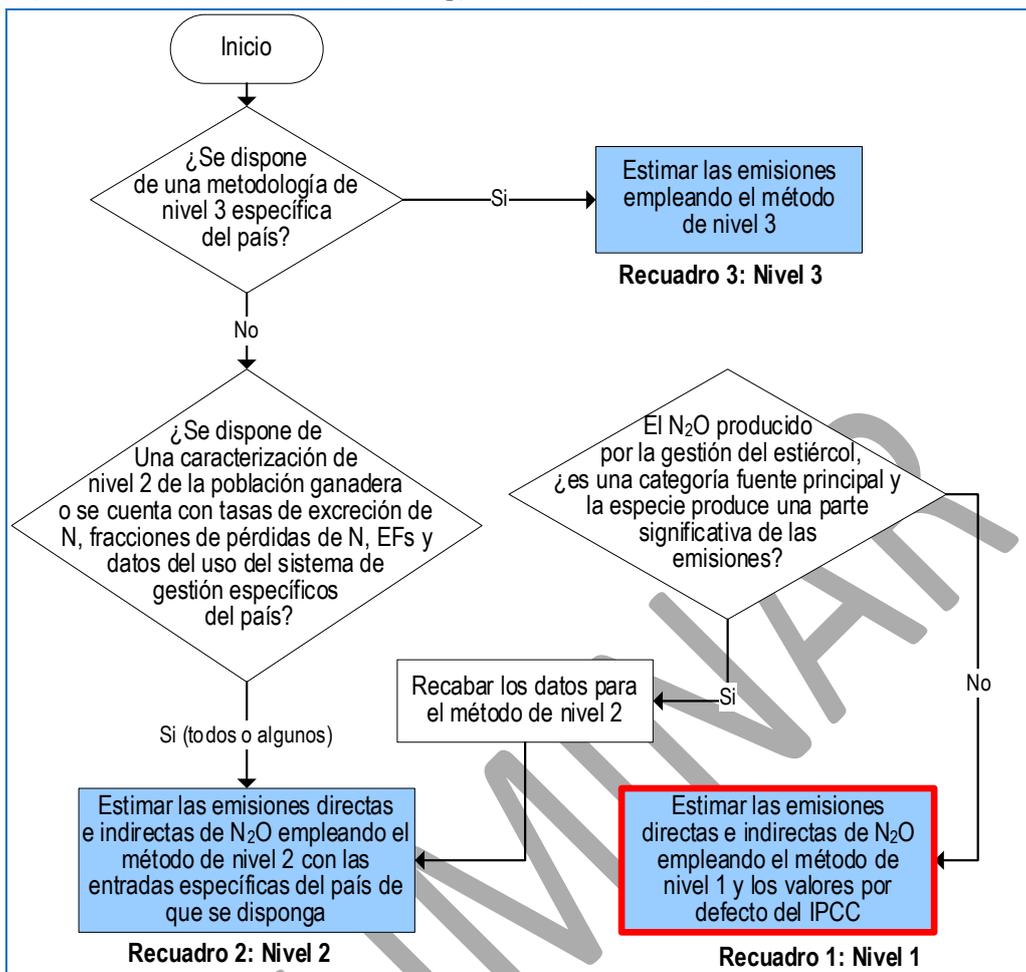
#### Método de Cálculo

Según el IPCC, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de manejo de estiércol, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando un método simplificado que sólo requiere los datos de la población de ganado por especie/categoría animal y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC.
- Nivel 2: Estima las emisiones aplicando un método más complejo que requiere información detallada, sobre las características de los animales y las prácticas de gestión del estiércol, la que se emplea para desarrollar factores de emisión específicos para las condiciones del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando un método, que podría implicar el desarrollo de modelos para metodologías específicas del país o emplear métodos basados en mediciones para cuantificar los factores de emisión.

La Figura 10, se muestra el árbol de decisiones del IPCC, para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes del manejo del estiércol.

FIGURA 10: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O RESULTANTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.



Fuente: Directrices IPCC 2006.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de datos específico del país.
- No es una categoría principal.

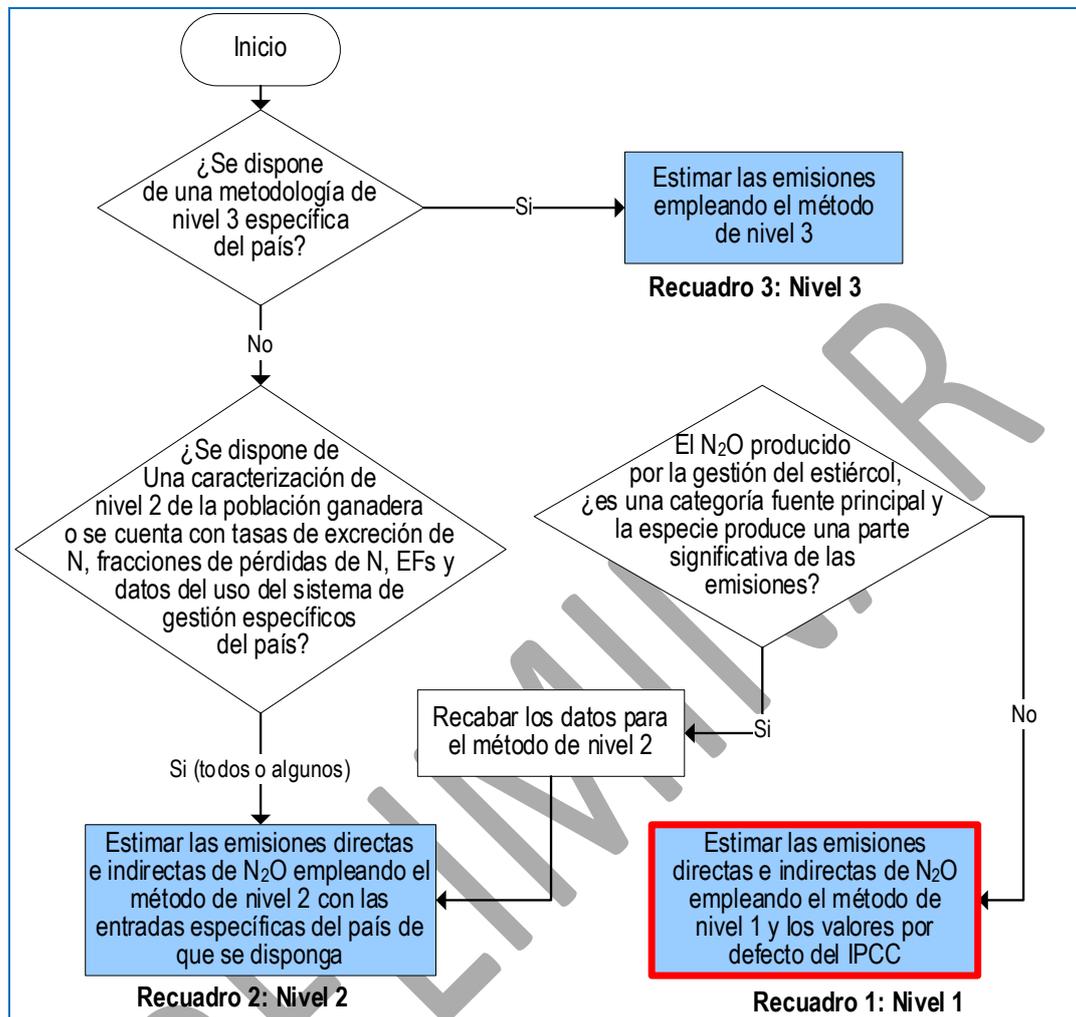
Por lo anterior, para estimar las emisiones directas de N<sub>2</sub>O del manejo de estiércol del ganado se aplicó el método del nivel 1 de IPCC.

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando la cantidad total de excreción de N (de todas las especies/categorías de ganado) en cada tipo de sistema de gestión del estiércol y un factor de emisión para ese tipo de sistema de gestión del estiércol. Para este nivel, se aplica los factores de emisión de N<sub>2</sub>O por defecto del IPCC, los datos de excreción de nitrógeno por defecto, y los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando datos específicos del país para algunas o todas estas variables indicadas en el nivel 1.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando procedimientos de estimación alternativos basados en una metodología específica del país.

En la Figura 11, se muestra el árbol de decisiones del IPCC, para estimar las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes del manejo del estiércol.

FIGURA 11: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O RESULTANTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.



Fuente: Directrices IPCC 2006.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de datos específico del país.
- No es una categoría principal por lo cual se emplea un método de cálculo nivel 1.

A fin de mantener la consistencia con los datos y factores utilizados con la categoría 3A y esta subcategoría, se utiliza la misma caracterización de ganado aplicada a toda la categoría 3A, considerando un factor de emisión basado en la distribución del ganado en cada una de las regiones climáticas.

#### Datos de Actividad

En el Cuadro 29, se presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la categoría:

**CUADRO 29:** DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA PARA MANEJO DE ESTIÉRCOL.

CATEGORÍA	FUENTES DE EMISIÓN	DATOS DE ACTIVIDAD IPCC	DATOS UTILIZADOS	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE LA INFORMACIÓN
<b>3</b>	<b>AGRICULTURA</b>					
			Población anual de animales vivos de la región		Anuario estadístico producción ganadera avícola. MIDAGRI 2021	Estimación de emisiones de fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado.
			Población anual de animales vivos de la región	Cabezas		
		Población media anual de animales vivos	Periodo de vida de aves que son sacrificados antes de cumplir 12 meses	Semanas y días	Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. FAO 2000	Estimación de la población promedio anual de aves que viven menos de 12 meses
			Periodo de vida de especies ganaderas que viven menos de 1 año	Meses y días	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura. MIDAGRI 2021.	Estimación de la población promedio anual de las especies ganaderas cuyo periodo de vida es menor de 1 año
3B		Temperatura promedio anual	Temperatura promedio anual de Tacna	Temperatura (°C)	Anuario de Estadísticas Ambientales 2022. Instituto Nacional de Estadística e Informática (sf) - Perú	Determinación de un único factor de emisión de CH <sub>4</sub> por tipo de ganado.
	Manejo de estiércol					
		Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado	Sistemas de manejo de estiércol de ganado por especie	Sin dimensión	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura 2019. MIDAGRI 2023.	Estimación del nitrógeno total excretado por cada sistema de manejo de estiércol. La información proviene de la opinión de expertos recabada para el RAGEI Agricultura 2016.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Dentro de los Datos de Actividad del IPCC contamos con dos Ítems, Temperatura promedio anual y Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado, cada uno con sus respectivos que serán descritos a continuación:

**a) Temperatura promedio anual**

Se obtuvo información para los datos utilizados de Temperatura promedio anual de Tacna, mediante el Anuario de Estadísticas Ambientales, que se presenta en la Tabla 24.

TABLA 24: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL.

DEPARTAMENTO	TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL (°C)
Tacna	17.80

Fuente: Trabajado con datos de las panillas del sector Agricultura.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### b) Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado

El dato utilizado que se presenta en la Tabla 24, sobre la Participación porcentual por especie, en los Sistemas de Manejo de Estiércol (%). Esta información fue determinada por expertos del sector para el RAGEI Agricultura 2016 del MIDAGRI 2020. Se debe notar que la identificación de los sistemas de manejo del estiércol es general para el nivel nacional, por lo que esta información está sujeta a mejoras, a fin de representar mejor a la región.

TABLA 24: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL POR ESPECIES, EN LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL.

GANADO	PRADERAS Y PASTIZALES	DISTRIBUCIÓN DIARIA	ALMACENAJE DE SÓLIDOS	QUEMA COMO COMBUSTIBLE	PARCELAS SECAS	ESTIÉRCOL DE AVES DE CORRAL CON CAMA	ESTIÉRCOL DE AVES DE CORRAL SIN CAMA	TOTAL
Vacuno lechero	79%	0%	21%	0%	0%	0%	0%	100%
Otro ganado vacuno	91%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	100%
Ovino	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Caprino	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Caballos	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Asnos/Mulas	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Porcino	67%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	100%
Alpaca	89%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	100%
Llama	89%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	100%
Ave	0%	0%	0%	0%	0%	90%	10%	100%
Cuyes	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fuente: MIDAGRI 2020.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### Factores de Emisión y Conversión

El factor de emisión utilizado para estimar las emisiones de manejo de estiércol corresponde al valor por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, y factor de emisión calculado.

En la Tabla 26 y Tabla 27, se muestran los factores de emisión usados para estimar las emisiones CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por el manejo del estiércol.

TABLA 26: FACTOR DE EMISIÓN PARA EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PROVENIENTES DEL MANEJO DE ESTIÉRCOL.

CATEGORÍA	FACTOR DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> POR MANEJO DEL ESTIÉRCOL (EF) [KG CH <sub>4</sub> /CABEZA/AÑO] TEMPLADO (15 A 25°C)	REFERENCIA
Vacuno lechero	1.00	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Pág. 10.17, Cuadro 10.14 al 10.16.
Vacuno no lechero	1.00	
Ovino	0.15	
Caprino	0.17	
Caballos	1.64	
Asnos/Mulas	0.90	
Porcino	1.00	
Alpaca	0.26	
Llama	0.42	
Ave	0.02	
Cuyes	0.04	

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 27:** FACTOR DE EMISIÓN PARA EMISIONES DIRECTA DE N<sub>2</sub>O POR MANEJO DE ESTIÉRCOL.

SISTEMA DE MANEJO DE ESTIÉRCOL	DE N <sub>2</sub> O POR MANEJO DE ESTIÉRCOL	REFERENCIA
Praderas y pastizales	NA	Directrices del IPCC de 2006 refinado 2019, Vol. 4, Cap. 10, Pág. 10.90, Cuadro 10.21.
Distribución diaria	0	
Almacenaje de sólidos	0.01	
Quema como combustible	NA	
Parcelas secas	0.020	
Estiércol de aves de corral con cama	0.001	
Estiércol de aves de corral sin cama	0.001	

Nota: NA = No Aplica

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### 3.3.3.3 Suelos Agrícolas (3D)

El IPCC ha destacado la importancia crucial de los suelos agrícolas en el contexto del cambio climático. Estos suelos no solo son la base de la producción de alimentos, sino que también desempeñan un papel fundamental en la regulación del clima y los ciclos biogeoquímicos. Los suelos agrícolas contemplan las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos por la aplicación de fertilizantes con nitrógeno sintético y orgánico y/o deposición de orina y estiércol de animales depositado pasturas, praderas y prados; nitrógeno en residuos de cultivos, incluyendo de cultivos fijadores de nitrógeno y de forrajes durante la renovación de pasturas; mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos.

#### EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE SUELOS GESTIONADOS (3D1)

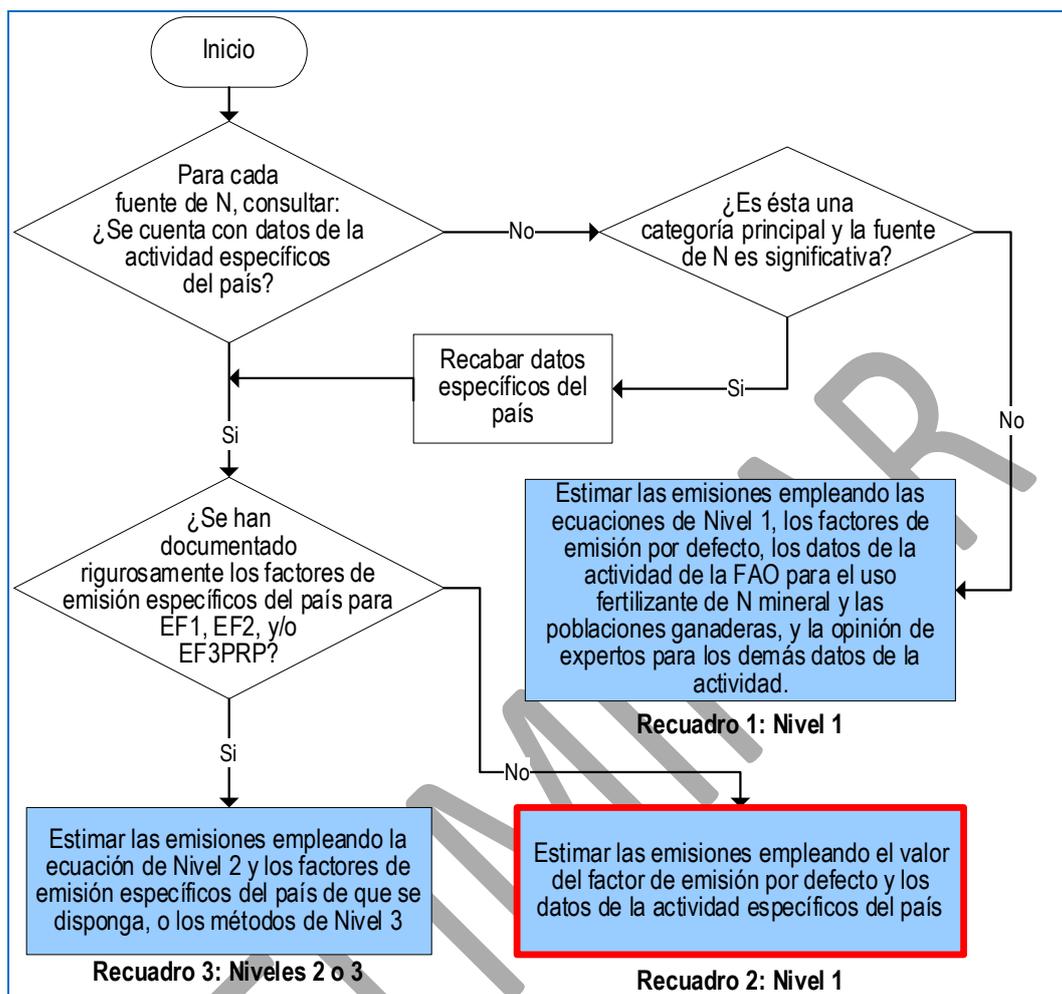
##### Método de Cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos de actividad: i) específicos del país o ii) de la FAO sobre el uso de fertilizantes de N mineral y las poblaciones ganaderas, y la opinión de expertos para los demás datos de actividad. El factor de emisión por defecto se utiliza en ambos casos.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando factores de emisión específicos del país y datos de actividad con mayor detalle.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos o mediciones.

La siguiente Figura 12, se muestra el árbol de decisiones del IPCC, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de la gestión de suelos.

FIGURA 12: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O, RESULTANTES DE SUELOS GESTIONADOS.



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 3.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se cuenta con datos de actividad y factores de emisión específico del país.

Por lo anterior, para estimar las emisiones directas de N<sub>2</sub>O procedentes de suelos gestionados, se aplicó el método del nivel 1.

#### Datos de Actividad

El siguiente Cuadro 30, presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la categoría.

**CUADRO 30: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LAS EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O PROCEDENTES DE SUELOS GESTIONADOS.**

CATEGORÍA	FUENTES DE EMISIÓN	DATOS DE ACTIVIDAD IPCC	DATOS UTILIZADOS	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE LA INFORMACIÓN	
3D	SUELOS AGRÍCOLAS		Cantidad anual importada de principales fertilizantes nitrogenados	ton	Anuario estadístico insumos y servicios agropecuarios.	Como en el caso de la cantidad de urea, se estima la cantidad de todos los fertilizantes nitrogenados en base a la cantidad importada desagregada en función de la proporción entre la superficie cosechada a nivel regional y nacional.	
			Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes nitrogenados	Superficie anual de principales cultivos por departamento y a nivel nacional	ha	Anuario estadístico de producción agrícola.	Con el resultado se estima las emisiones de N <sub>2</sub> O por el aporte de nitrógeno a los suelos desde los fertilizantes aplicados
			Cantidad anual de N en residuos agrícolas	Superficie anual de principales cultivos Producción anual de principales cultivos	ha ton	Anuario estadístico de producción agrícola.	Estimación de las emisiones de N <sub>2</sub> O por el aporte de nitrógeno a los suelos desde los residuos agrícolas
3D1	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados		Cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo & Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos	Población anual de animales vivos. Sistema de Manejo de Estiércol del ganado	Cabezas %	Anuario estadístico producción ganadera avícola  Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura 2019.	Estimación de las emisiones de óxido nítrico por el aporte de nitrógeno a los suelos desde: - La orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, -El estiércol gestionado disponible aplicado a los suelos (como abonos orgánicos). Los datos de actividad son los mismos usados en las Tablas

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Dentro de los Datos de Actividad IPCC contamos con tres Ítems, Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes nitrogenados, Cantidad anual de N en residuos agrícolas y Cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo y Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos cada uno de ellos con sus respectivos datos utilizados que serán descritos a continuación:

**a) Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes nitrogenados**

Se obtuvo información para los datos utilizados de Cantidad anual importada de principales fertilizantes nitrogenados, mediante el Anuario Insumos y Servicios; y Superficie anual de principales cultivos por departamento y a nivel nacional, mediante Anuario estadístico de producción agrícola. Datos que son plasmados en la Tabla 28 y la Tabla 29 respectivamente.

**TABLA 28:** CANTIDAD ANUAL IMPORTADA DE PRINCIPALES FERTILIZANTES NITROGENADOS.

FERTILIZANTES NITROGENADOS	CANTIDAD (ton)
Urea	1 748
Fosfato diamónico	100
Sulfato de amonio	493
Nitrato de amonio	8 631

Fuente: Anuario estadístico insumos y servicios agropecuarios 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 29:** SUPERFICIE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS POR DEPARTAMENTO Y A NIVEL NACIONAL.

ÁMBITO	SUPERFICIE CULTIVADA	
	TACNA	TOTAL, NACIONAL (ha)
Caña	-	121 602.00
Papa	467 000	331 164.00
Arroz cáscara	-	423 48.00
Banana/plátano	4	176 250.00
Maíz a. Duro	-	252 679.00
Yuca	-	107 262.00
Cebolla de cabeza	335.00	15 222.00
Camote	313.00	16 642.00
Quinua	341.00	68 154.00
Alcachofa	-	6 192.00
Algodón	-	5 072.00
Piña	-	16 836.00
Maíz choclo	164.00	48 158.00
Espárrago	-	31 285.00
Maíz amiláceo	641.00	189 227.00
Tomate	238.00	5 523.00
Trigo	2.00	117 924.00
Cebada grano	-	126 843.00
Palma aceitera	-	94 902.00
Café pergamino	-	427 433.00
Cacao	-	183 043.00
Alfalfa	11 237.00	198 452.00

Arveja gr. Verde	29.00	37 304.00
Arveja grano seco	-	44 459.00
Frijol grano seco	-	71 288.00
Haba grano seco	-	52 599.00
Pallar grano seco	-	5 587.00
Frijol castilla/caupí	-	17 024.00
Tarwi	-	11 106.00
Haba grano verde	107.00	13 546.00
Soya	-	763.00
Total	13 878.00	3 217 075.00

Fuente: Anuario estadístico de producción agrícola.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

#### Cantidad anual de N en residuos agrícolas

Se obtuvo información para los datos utilizados de Superficie anual de principales cultivos y de Producción anual de principales cultivos mediante el Anuario estadístico de producción agrícola. Datos que son plasmados en la Tabla 29 y Tabla 30.

TABLA 30: SUPERFICIE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS.

SUPERFICIE CULTIVADA	
ÁMBITO	TACNA
Caña	-
Papa	467 000
Arroz cáscara	-
Banana/ plátano	4
Maíz a. Duro	-
Yuca	-
Cebolla de cabeza	335.00
Camote	313.00
Quinoa	341.00
Alcachofa	-
Algodón	-
Piña	-
Maíz choclo	164.00

SUPERFICIE CULTIVADA	
ÁMBITO	TACNA
Espárrago	-
Maíz amiláceo	641.00
Tomate	238.00
Trigo	2.00
Cebada grano	-
Palma aceitera	-
Café pergamino	-
Cacao	-
Alfalfa	11 237.00
Arveja gr. Verde	29.00
Arveja grano seco	-
Frijol grano seco	-
Haba grano seco	-
Pallar grano seco	-
Frijol castilla/caupí	-
Tarwi	-
Haba grano verde	107.00
Soya	-
Total	13 878.00

Fuente: Anuario estadístico de producción agrícola.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 31:** PRODUCCIÓN ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS.

PRODUCCIÓN ANUAL	
ÁMBITO	TACNA
Caña	-
Papa	9 949.00
Arroz cáscara	-
Banana/ plátano	25.00
Maíz a. Duro	-
Yuca	-
Cebolla de cabeza	11 927.00
Camote	4 968.00

Quinoa	695.00
Alcachofa	-
Algodón	-
Piña	-
Maíz choclo	2 235.00
Espárrago	-
Maíz amiláceo	1 916.00
Tomate	9 065.00
Trigo	6.00
Cebada grano	-
Palma aceitera	-
Café pergamino	-
Cacao	-
Alfalfa	284 975.00
Arveja gr. Verde	182.00
Arveja grano seco	-
Frijol grano seco	-
Haba grano seco	-
Pallar grano seco	-
Frijol castilla/caupí	-
Tarwi	-
Haba grano verde	752.00
Soya	-
Total	13 878.00

Fuente: Anuario estadístico de producción agrícola.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**Cantidad anual de N en de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos**

Se obtuvo información para los datos utilizados de Población anual de animales vivos, extraído del Anuario estadístico producción ganadera avícola y Sistemas de manejo de estiércol del ganado, obtenido mediante el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura. Datos que son plasmados en la Tabla 14 y Tabla 24.

### Factores de Emisión y Conversión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 32.

**TABLA 32:** FACTORES DE EMISIÓN DE EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE SUELOS AGRÍCOLAS

FACTORES DE EMISIÓN	VALOR
EF1 Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo.	0,010
EF1FR para arrozales inundado.	0,003
EF3PRP, CPP para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N <sub>2</sub> O-N/(kg N <sup>-1</sup> )]	0,020
EF3PRP, SO para ovinos y <<otros animales>> [kg N <sub>2</sub> O-N/(kg N <sup>-1</sup> )]	0,010

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE LOS SUELOS GESTIONADOS (3D2)

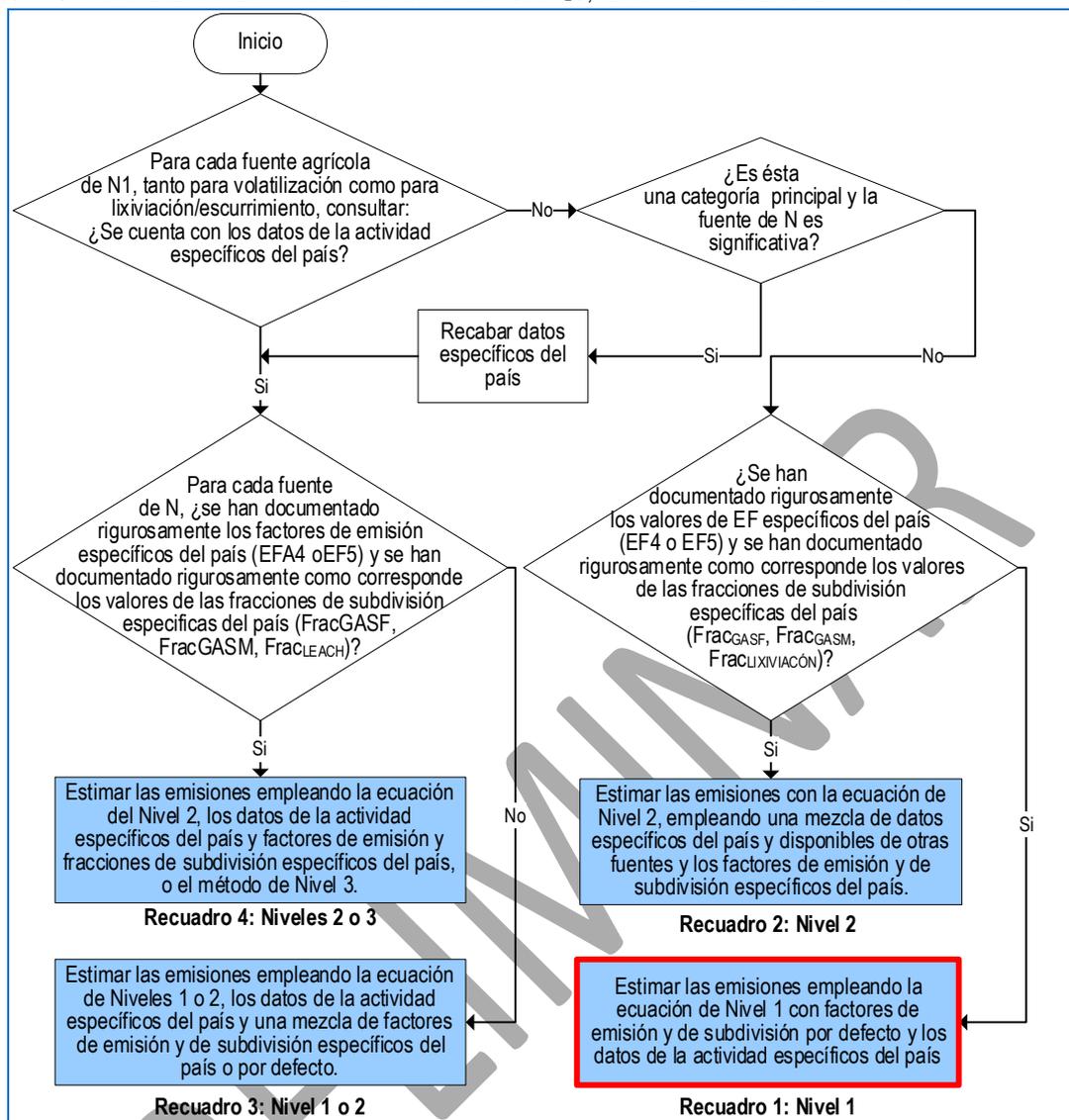
#### Método de Cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos de actividad específicos del país y factores de emisión y de subdivisión por defecto, o una mezcla de factores de emisión y subdivisión específicos del país o por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando una mezcla de datos de actividad específicos del país y disponibles de otras fuentes de emisión y de subdivisión específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos o mediciones.

La siguiente Figura 13, se presenta el árbol de decisiones del IPCC para estimar las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes de la gestión de los suelos.

FIGURA 13: ÁRBOL DE DECISIONES PARA LAS EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O, RESULTANTES DE SUELOS GESTIONADOS.



Fuente: Directrices IPCC 2006.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se dispone de información suficiente para utilizar el método de nivel 2.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de esta subcategoría se aplicó el método de nivel 1.

#### Datos de Actividad

Los datos de actividad de esta subcategoría son los mismos que los descritos para la subcategoría emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados (3D1).

#### Factores de Emisión y Conversión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 33.

**TABLA 33:** FACTORES DE EMISIÓN INDIRECTA DE N<sub>2</sub>O DE SUELOS GESTIONADOS (3D2).

FACTORES DE EMISIÓN	VALOR	UNIDADES	REFERENCIA
$EF_4$ : Volatilización y re-deposición de N	0,01	[kg N <sub>2</sub> O–N/(kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N volatilizado)]	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 11, Pág. 11.26, Cuadro 11.3.
$EF_5$ : Lixiviación o escurrimiento	0,01	[kg N <sub>2</sub> O–N/(kg N lixiviación/escurrimiento)]	
$Fra_{CGASF}$ : Volatilización de fertilizante sintético	0,11	(kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N) (kg N aplicado) <sup>-1</sup>	Directrices del IPCC de 2006 refinado 2019, Vol. 4, Cap. 11, Pág. 11.26, Cuadro 11.3.
$Fra_{CGASM}$ : Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo	0,21	[(kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –N)/(kg N aplicado o depositado)]	
$Fra_{CLEACH-(H)}$ : Pérdidas de N losses por lixiviación/ escurrimiento en climas húmedos	0,24	[kg N/kg N depositado por animales de pastoreo]	

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

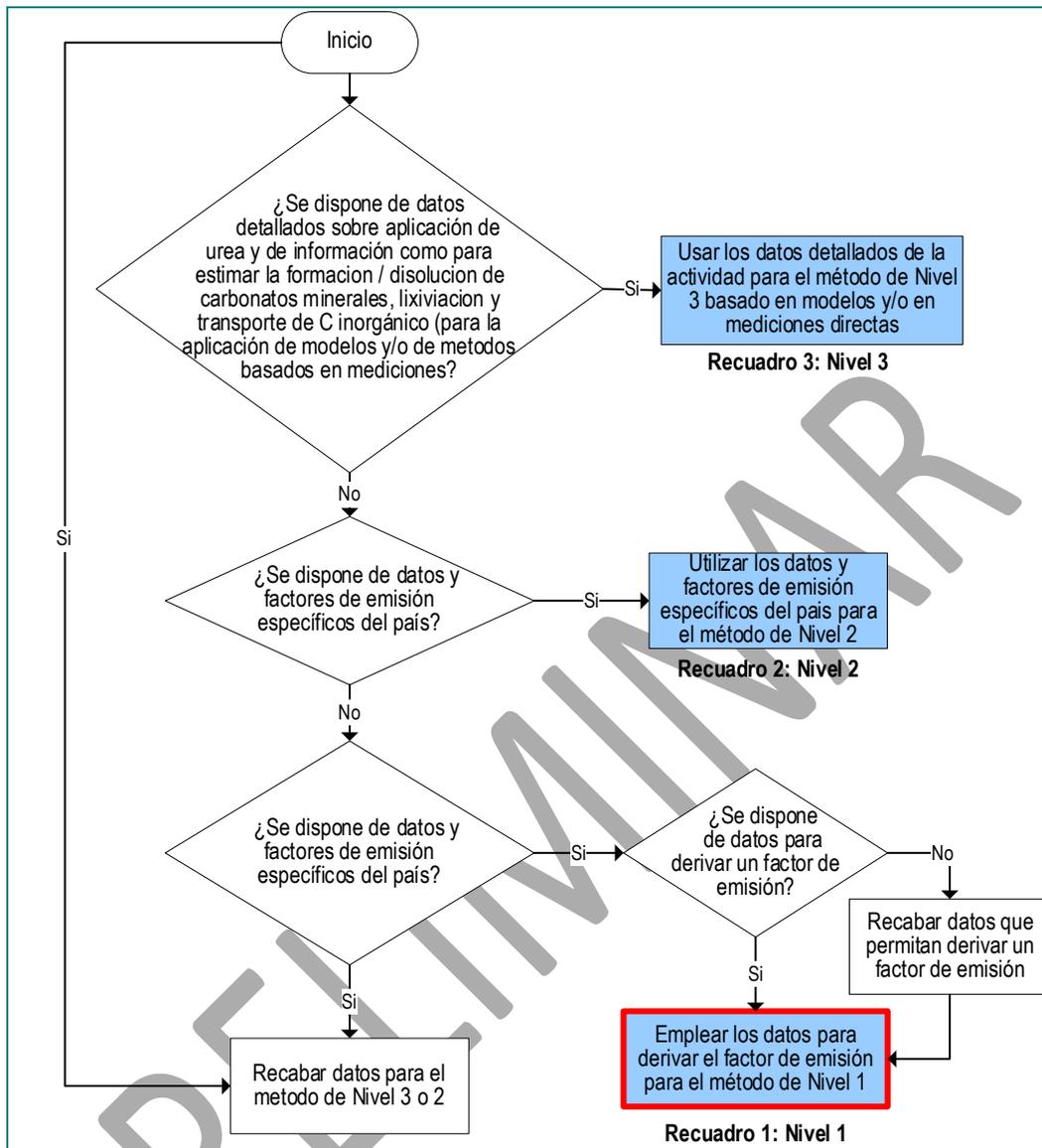
### 3.3.3.4 Aplicación de urea (3H)

El IPCC ha dedicado una considerable atención a la aplicación de urea en la agricultura, debido a su impacto en las emisiones de GEI. La urea, un fertilizante nitrogenado ampliamente utilizado, puede contribuir a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### Método de Cálculo

La Figura 14, muestra el árbol de decisiones del IPCC, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones generadas resultantes de la fertilización con urea.

**FIGURA 14:** ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL APROBADO PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>, APLICACIÓN CON UREA.



Fuente: Directrices IPCC 2006.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se dispone de factores de emisión país específico para estimar emisiones de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea.
- La aplicación de urea no es una categoría principal.

Por lo anterior, para estimar las estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta categoría, se aplicó el método del nivel 1.

#### *Datos de Actividad*

En el Cuadro 31, se presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la categoría:

**CUADRO 31: DATOS DE ACTIVIDAD UTILIZADOS EN LA CATEGORÍA APLICACIÓN DE UREA.**

CATEGORÍA	FUENTES DE EMISIÓN	DATOS DE ACTIVIDAD IPCC	DATOS UTILIZADOS	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE LA INFORMACIÓN
3H	Aplicación de urea	Cantidad anual de fertilización con urea	Cantidad anual importada de urea	ton	Anuarios estadísticos de insumos y servicios agropecuarios.	Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> por la aplicación de urea.
			Superficie anual de principales cultivos en el departamento y a nivel nacional	ha	Anuario estadístico de producción agrícola.	Con las superficies cultivadas se encuentra una proporción que luego es multiplicada por la cantidad total de urea importada, para obtener una cantidad por región.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el Datos de Actividad IPCC de esta categoría contamos con el Ítem Cantidad anual de fertilización con urea el cual cuenta con sus respectivos datos utilizados descritos a continuación:

#### Cantidad anual importada de urea

Los datos utilizados de este ítem son Cantidad anual importada de urea, información obtenida mediante el Anuario estadístico de Insumos y Servicios Agropecuarios 2021 y Superficie anual de principales cultivos en el departamento, datos extraídos del Anuario estadístico de Producción Agrícola 2021, cuyos datos utilizados están plasmados en la Tabla 34 y la Tabla 35.

**TABLA 34: CANTIDAD ANUAL IMPORTADA DE UREA**

FERTILIZANTE	CANTIDAD (ton)
Urea	1 748

Fuente: Anuario estadístico de insumos y servicios agropecuarios.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

**TABLA 35: SUPERFICIE ANUAL DE PRINCIPALES CULTIVOS EN EL DEPARTAMENTO Y ANIVEL NACIONAL.**

ÁMBITO	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)
Departamento	13 878
Total, Nacional	3 217 075

Fuente: Anuario estadístico de producción agrícola.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

#### Factores de Emisión y Conversión

Se aplicaron factores de emisión predeterminados, tomados de las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 36.

TABLA 36: FACTOR DE EMISIÓN PARA APLICACIÓN DE UREA.

INSUMO	FACTOR DE EMISIÓN POR APLICACIÓN DE UREA (FE) [T C/T INSUMO]	REFERENCIA
Urea	0.20	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 11, Pág. 11.36, Sección 11.4.2.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### 3.3.4 RESULTADOS DE EMISIONES

Las emisiones del Sector Agricultura para el año 2021 ascienden a 287.16 GgCO<sub>2</sub>eq, que representan el **30.06%** de las emisiones totales la región Tacna. La principal fuente de emisión es la categoría suelos agrícolas, con 149.52 GgCO<sub>2</sub>eq, a la cual le sigue la categoría fermentación entérica con 70.95 GgCO<sub>2</sub>eq, y por la categoría manejo de estiércol con 66.68 GgCO<sub>2</sub>eq. Por último, la categoría aplicación de urea, tiene un 0.01 GgCO<sub>2</sub>eq de las emisiones totales del sector, los resultados se presentan en la Tabla 37.

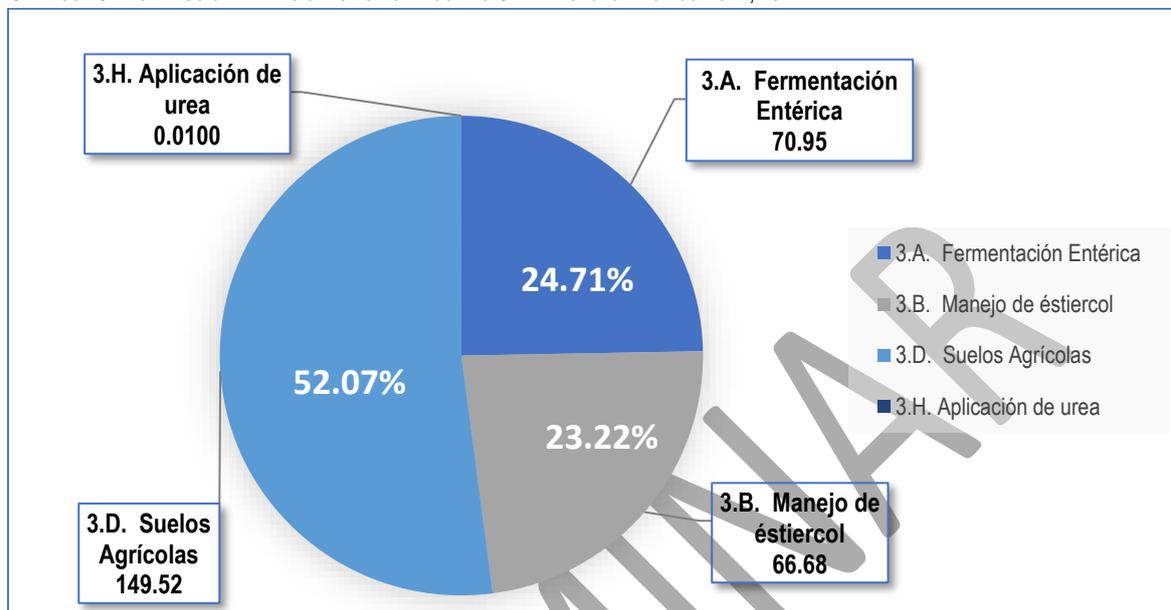
TABLA 37: RESULTADOS DE EMISIONES DEL GEI DEL SECTOR DE AGRICULTURA.

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]
<b>3</b>	<b>Agricultura</b>	<b>0.01</b>	<b>2.53</b>	<b>70.95</b>	<b>0.82</b>	<b>216.20</b>	<b>287.16</b>
<b>3A</b>	<b>Fermentación entérica</b>	-	<b>2.53</b>	<b>70.95</b>	-	-	<b>70.95</b>
3A1	Ganado	-	1.38	38.70	-	-	38.70
3A1a	Ganado vacuno lechero	-	0.62	17.42	-	-	17.42
3A1b	Ganado no lechero	-	0.76	21.29	-	-	21.29
3A2	Ovino	-	0.18	5.03	-	-	5.03
3A3	Porcinos	-	0.01	0.31	-	-	0.31
3A4	Otro ganado vacuno	-	0.96	26.91	-	-	26.91
3A4d	Caprino	-	0.09	2.39	-	-	2.39
3A4e	Caballos	-	0.01	0.39	-	-	0.39
3A4f	Mulas y asnos	-	0.02	0.49	-	-	0.49
3A4h	Otros (llamas y alpacas)	-	0.84	23.64	-	-	23.64
<b>3B</b>	<b>Manejo de estiércol</b>	-	-	-	<b>0.25</b>	<b>66.68</b>	<b>66.68</b>
3B1	Ganado	-	-	-	0.00	0.64	0.64
3B1a	Ganado vacuno lechero	-	-	-	0.00	0.43	0.43
3B1b	Ganado no lechero	-	-	-	0.00	0.20	0.20
3B2	Ovino	-	-	-	-	-	-
3B3	Porcinos	-	-	-	0.00	0.60	0.60
3B4	Otro ganado vacuno	-	-	-	0.06	14.87	14.87
3B4d	Caprino	-	-	-	-	-	-
3B4e	Caballos	-	-	-	-	-	-
3B4f	Mulas y asnos	-	-	-	-	-	-
3B4g	Aves de corral	-	-	-	0.05	11.99	11.99
3B4h	Otros (especifique)	-	-	-	0.01	2.88	2.88
3B5	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por manejo del estiércol	-	-	-	0.19	50.58	50.58
<b>3C</b>	<b>Cultivo de arroz</b>	-	-	-	-	-	-
<b>3D</b>	<b>Suelos agrícolas</b>	-	-	-	<b>0.56</b>	<b>149.52</b>	<b>149.52</b>
3D1	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	-	-	-	0.39	103.78	103.78
3D2	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	-	-	-	0.17	45.73	45.73
<b>3E</b>	<b>Quema prescrita de sabanas</b>	-	-	-	-	-	-
<b>3F</b>	<b>Quema de residuos agrícolas en el campo</b>	-	-	-	-	-	-
<b>3G</b>	<b>Encalado</b>	-	-	-	-	-	-
<b>3H</b>	<b>Aplicación de urea</b>	<b>0.01</b>	-	-	-	-	<b>0.01</b>

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En el Gráfico 18, se muestra que en el Sector Agricultura la categoría Suelos Agrícolas tiene un aporte del 52.07% siendo la más representativa, seguida de la categoría Fermentación Entérica representando 24.71%, la categoría Manejo de Estiércol con un aporte del 23.22%, y por último la categoría Aplicación de Urea con un aporte 0.01%.

GRÁFICO 18: DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR CATEGORÍAS GEI DEL SECTOR AGRICULTURA, 2021.



Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

### 3.4 SECTOR USO DEL SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA

#### 3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

El Sector UTCUTS abarca las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero GEI que están vinculados a fluctuaciones del contenido de carbono acumulados dentro de biomasa viva, materia orgánica muerta y carbono orgánico de suelos, por efectos de la gestión en las tierras en seis (06) subcategorías de uso de la tierra: Tierras Forestales, Tierras de Cultivos, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras. Asimismo, abarca las emisiones de GEI generadas por la quema de biomasa por incendios forestales.

El Cuadro 32, se muestra las categorías y subcategorías que pertenecen al Sector UTCUTS y los tipos de gases estimados.

CUADRO 32: CATEGORÍAS PERTENECIENTES AL SECTOR UTCUTS.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS IPCC	GEI ESTIMADOS
3B	Categoría	Tierras	CO <sub>2</sub>
3B1	Subcategoría	Tierras Forestales	CO <sub>2</sub>
3B2	Subcategoría	Tierras De Cultivo	CO <sub>2</sub>
3B3	Subcategoría	Pastizales	CO <sub>2</sub>
3B4	Subcategoría	Humedales	CO <sub>2</sub>
3B5	Subcategoría	Asentamientos	CO <sub>2</sub>
3B6	Subcategoría	Otras Tierras	CO <sub>2</sub>
3C	Categoría	Fuentes Agregadas Y Fuentes De Emisión No CO <sub>2</sub> De La Tierra	CO <sub>2</sub>
3C1	Subcategoría	Emisiones Por Quema Biomasa (Tierras Forestales)	CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### Matrices de Uso y Cambio de Uso de la Tierra

Para los biomas presentes en la región Tacna (Costa y Sierra), se debe de construir matrices de uso y cambio de uso de la tierra de manera explícita, estas se construyen a partir de imágenes satelitales (cobertura de uso) pertenecientes a la Agencia Espacial Europea - ESA. Además, siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 se debe de considerar un periodo de tiempo de veinte (20) años para evidenciar los cambios del uso de la tierra, desafortunadamente para el año 2021 no se puede construir las matrices de cambio y uso de suelo ya que no se cuenta con información necesaria.

#### 3.4.2 MÉTODO DE CÁLCULO

La metodología utilizada para la elección del nivel de cálculo de emisiones o remociones de GEI para el Sector UTCUTS, está establecida por la Directrices del IPCC 2006, esta metodología se aplica para el sector siguiendo las pautas establecidas en el Volumen 4 de las Directrices.

Las seis (06) subcategorías de uso de las tierras se subdividieron en dos tipos; tierras que permanecen en su uso inicial y, tierras que se convierten. Asimismo, se analizarán las emisiones o remociones de los depósitos de carbono presenten en:

- Biomasa (aérea y subterránea)
- Materia Orgánica Muerta – MOM (madera muerta y hojarasca)
- Carbono en el suelo (minerales y orgánicos)

Para el caso del IRGEI solo se realizan las estimaciones de las emisiones y remociones de las subcategorías Tierras Forestales y Tierras de Cultivo en depósitos de carbono presentes en Biomasa (aérea y subterránea); los demás depósitos de carbono no pudieron ser estimados por falta de información, al igual que las demás subcategorías del Sector UTCUTS.

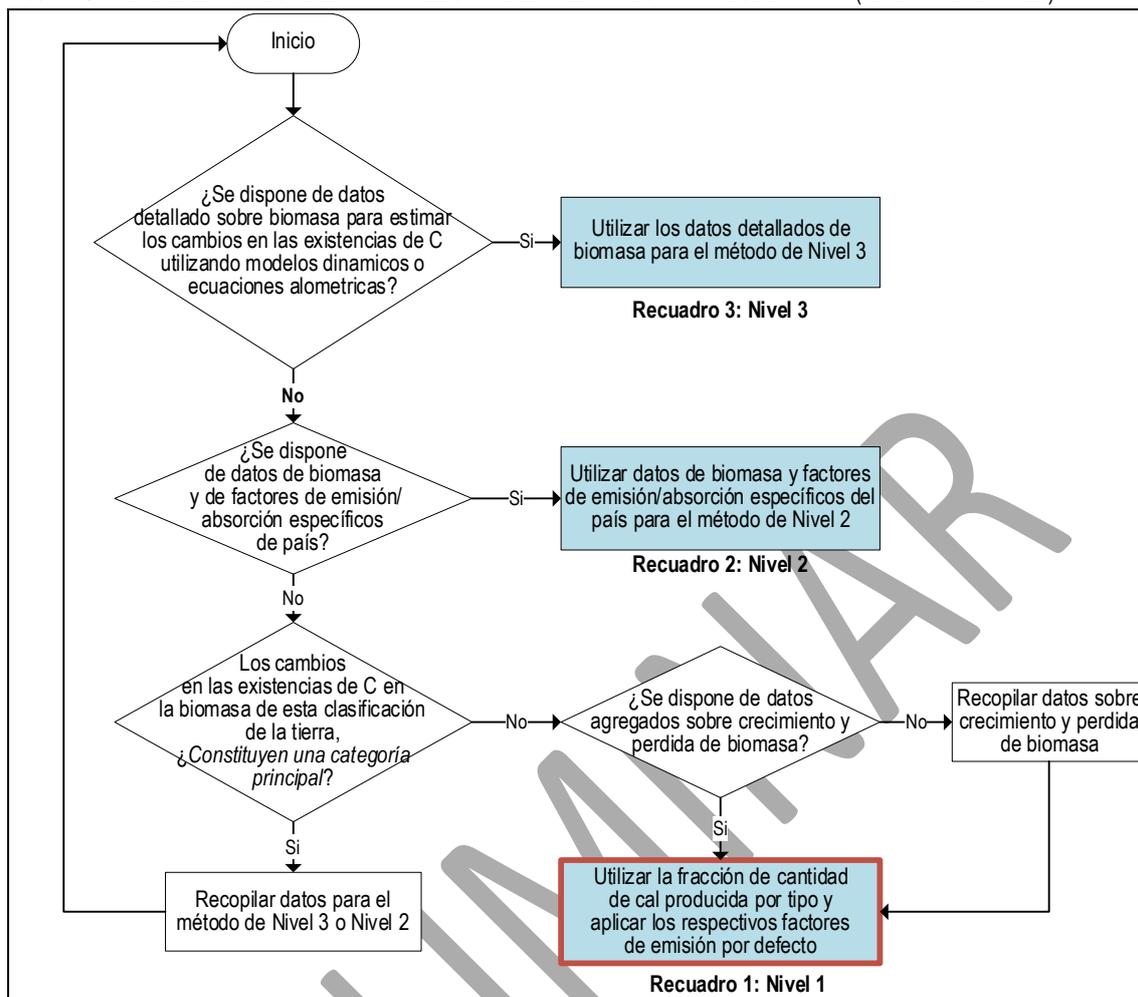
##### 3.4.2.1 Biomasa (Aérea y Subterránea)

Para la estimación de carbono en depósitos de biomasa (aérea y subterránea), se establecen tres (03) niveles de cálculo según las Directrices del IPCC 2006

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión/remoción específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

En la Figura 15, se presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC 2006, facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en los depósitos de carbono presente en biomasa (aérea y subterránea) en una categoría de uso de la tierra.

FIGURA 15: ÁRBOL DE DECISIONES GENÉRICO PARA ELECCIÓN DEL NIVEL PARA ESTIMACIONES DE BIOMASA (AÉREA Y SUBTERRÁNEA).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 4.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.4.3 FUENTES DE EMISIÓN Y REMOCIÓN

Las fuentes de emisiones y remociones para el Sector UTCUTS, están enlazadas a los depósitos de carbono que existen en las seis (06) subcategorías en las que se dividen el uso de la tierra, y a las emisiones por quema de biomasa en Tierras Forestales.

#### 3.4.3.1 Tierras Forestales (3B1)

La subcategoría Tierras Forestales (3B1) está comprendida de todas las tierras en las que la vegetación está determinada como bosques por las categorías establecidas a nivel nacional o que un futuro llegara a cumplir con esta categoría.

Según el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del 2020, define el Bosque como, ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0.5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y una cobertura de copas mínima del 10%. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa que tienen una altura mínima de 2 metros en su estado adulto para Costa y Sierra, y 5 metros para la Selva amazónica.

La subcategoría Tierras Forestales (3B1) se subdividen en:

Las Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (3B1a), que se componen por los bosques con más de 20 años de antigüedad.

Las Tierras convertidas en Tierras Forestales (3B1b), que abarcan todas las áreas donde la vegetación boscosa se encuentra en proceso de recuperación, natural o artificialmente. Pasados los 20 años, las tierras en esta segunda subcategoría pasan a conformar las Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales.

**TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TIERRAS FORESTALES (3B1A)**

Las emisiones de GEI en las Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales abarcan la estimación de las variaciones de los depósitos de carbono en la biomasa aérea y biomasa subterránea.

**TIERRAS QUE SE CONVIERTEN A TIERRAS FORESTALES (3B1B)**

Las emisiones de GEI en las Tierras que se convierten a Tierras Forestales no se pueden estimar ya que no se cuenta con datos para el año del reporte.

**3.4.3.2 Datos de Actividad**

El Cuadro 33, muestra los datos utilizados para la estimación de GEI en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales.

**CUADRO 33: DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TIERRAS FORESTALES.**

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN Y/O SUMIDERO	DATOS IPCC	DATO DE ACTIVIDAD IPCC	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE INFORMACIÓN
<b>3</b>	<b>USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>					
3B	TIERRAS					
3B1	TIERRAS FORESTALES					
			Población regional estimada al año 2021	Número de individuos (n°)	Perú proyecciones de población al 2022. *	
	Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa	Volumen anual de leña recogida	Población en hogares que usa leña y/o carbón para preparar sus alimentos en 2021	Porcentaje (%)	Anuario de estadísticas ambientales 2022. *	Estimación del volumen anual de leña extraída, requerido para calcular las pérdidas de carbono por uso de leña.
			Consumo per cápita de leña por región	Metros cúbicos por individuo (m3/indv)	Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2021. **	
		Superficie afectada por incendios forestales	Superficie quemada en bosques, biomas costa y sierra, 2021	Hectáreas (ha)	Reporte de áreas afectadas (cicatrices). **	Estimación de las emisiones de CO <sub>2</sub> por incendios forestales ocurridos en la región en el año del reporte.

Fuente: MINAM 2021.

\* (INEI, 2022), (INEI, 2022).

\*\* (SERFOR, 2024) (SERFOR, 2021).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Para la estimación del volumen de leña consumida en la región Tacna este debe de ser calculado a partir de las variables de población total de la región, el porcentaje de población que consume leña y el consumo de leña per cápita se presentan en la Tabla 38.

**TABLA 38:** DATOS PARA ESTIMAR EL VOLUMEN DE LEÑA.

POBLACIÓN TOTAL (N° INDIVIDUOS) (INEI, 2022)	POBLACIÓN QUE CONSUME LEÑA (%) (INEI, 2022)	CONSUMO DE LEÑA PER CÁPITA (m <sup>3</sup> /INDIVIDUO) (SERFOR, 2021)	VOLUMEN LEÑA TOTAL (m <sup>3</sup> )
377 842	1.2	0.5	2 276.1

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.4.3.3 Factores de Emisión para Tierras Forestales

Los factores de emisión que son utilizados para la estimación de las Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales, se muestran en el Cuadro 34.

**CUADRO 34:** FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TIERRAS FORESTALES.

FACTOR	VALOR	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea	0.47	Tonelada de carbono por tonelada de materia seca [ton C/ton m.s.]	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Pág. 4.57 Cuadro 4.3
Relación entre la biomasa aérea y subterránea	0.45		Valores estimados a partir de los contenidos de biomasa por ecozona
Relación entre la biomasa aérea y subterránea para bioma costa	0.35	Tonelada de materia seca subterránea por Tonelada de materia seca aérea [ton m.s. subterránea/ton m.s. aérea]	Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Ecozona Costa. Panel 1 y 2.
Relación entre la biomasa aérea y subterránea para bioma sierra	0.15		Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Panel 1.
Biomasa aérea promedio de superficies afectadas por perturbaciones, bioma costa	18.65	Tonelada de materia seca por hectárea [ton m.s./ha]	Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Ecozona Costa. Panel 1 y 2.
Biomasa aérea promedio de superficies afectadas por perturbaciones, bioma sierra	39.87		Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Panel 1.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.4.3.4 Resultados de Emisiones y Remociones para Tierras Forestales

Se obtuvo un resultado de 28.78 GgCO<sub>2</sub>eq emisiones para la subcategoría Tierras Forestales, resultado que proviene netamente de Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales.

Las emisiones estimadas para Tierras Forestales pertenecen a actividades propias de extracciones de madera para uso de leña en consumo doméstico y eventos de perturbaciones como incendios forestales ocurridos en la región, otras actividades como extracción de madera rolliza no son reportadas ya que en la región Tacna no se cuenta con esa actividad.

### 3.4.3.5 Tierras De Cultivo (3B2)

Las Tierras De Cultivo (3B2) están compuestas por terrenos que sirven para cultivar, arrozales y sistemas agroforestales en los que la estructura de la vegetación no llega a ser categorizada como tierras forestales. Las tierras de cultivo incluyen todos los cultivos anuales y perennes, así como terrenos que se encuentran en descanso o espera de ser cultivados.

La subcategoría Tierras de cultivo se subdividen en:

- Las Tierras de cultivo que permanecen como Tierras de cultivo (3B2a).
- Las Tierras convertidas en Tierras de cultivo (3B2b).

**TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TIERRAS DE CULTIVO (3B2A)**

Las emisiones de GEI en Tierras De Cultivo que permanecen como Tierras De Cultivo abarcan la estimación de las variaciones de los depósitos de carbono en la biomasa aérea y biomasa subterránea.

**TIERRAS QUE SE CONVIERTEN A TIERRAS DE CULTIVO (3B2B)**

Las emisiones de GEI en las Tierras que se convierten a Tierras De Cultivo no se pueden estimar ya que no se cuenta con datos para el año del reporte.

**3.4.3.6 Datos de Actividad**

El Cuadro 35, muestra los datos utilizados para la estimación de GEI en Tierras De Cultivo que permanecen como Tierras De Cultivo.

**CUADRO 35: DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TIERRAS DE CULTIVO.**

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN Y/O SUMIDERO	DATOS IPCC	DATO DE ACTIVIDAD IPCC	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE INFORMACIÓN
<b>3</b>	<b>USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>					
3B	TIERRAS					
3B2	TIERRAS DE CULTIVO					
3B2a	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie anual de cultivos leñosos perennes	Superficie anual de cultivos perennes instalada 2021	Hectáreas (ha)	Serie Histórica Producción Agrícola 2011 - 2020. *	Estimación de las absorciones de carbono por el crecimiento de los cultivos perennes. La superficie instalada incluye a las superficies sembradas, en crecimiento y en producción
		Superficie anual cosechada de cultivos leñosos perennes	Superficie anual de cultivos perennes instalada 2020	Hectáreas (ha)	Serie Histórica Producción Agrícola 2012 - 2022. *	Sirve para estimar las pérdidas de carbono por la eliminación de cultivos perennes. La superficie cosechada (perdida) se estima como una fracción de la superficie instalada de un año anterior al año inventario.

Fuente: MINAM 2021.

\* (DEA, 2022), (DEA, 2021).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Para las Tierras De Cultivo que permanecen como Tierras De Cultivo, se tiene como dato de información base las superficies de cultivos permanentes leñosos que existen y que han sido perdidos en la región Tacna para el año del reporte. Estos datos fueron obtenidos de la DEA.

La Tabla 39 muestra la superficie instalada con cultivos leñosos permanentes, tanto para el año del reporte como para un año antes de este.

**TABLA 39: SUPERFICIES INSTALADAS CON CULTIVOS PERMANENTES LEÑOSOS PARA LOS AÑOS 2020 Y 2021.**

CULTIVOS	SUPERFICIE INSTALADA 2020 (ha)	SUPERFICIE INSTALADA 2021 (ha)
Aceituna	22 902.00	22,110.00
Cirolero	33.00	33.00
Damasco	18.00	18.00
Granada	34.00	42.00
Higo	26.00	26.00
Lúcuma	1.00	1.00

CULTIVOS	SUPERFICIE INSTALADA 2020 (ha)	SUPERFICIE INSTALADA 2021 (ha)
Melocotón	68.00	69.00
Membrillo	13.00	13.00
Naranja	1,361.00	1,522.00
Palta	164.00	191.00
Pera	107.00	100.00
Tara	202.88	210.33
Manzana	215.00	184.00
Plátano	4.00	4.00
Tuna	1 415.00	1 418.00
Vid	606.00	606.00
<b>Total</b>	<b>27 169.88</b>	<b>26 547.33</b>

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

La Tabla 40 muestra las superficies en crecimiento y las superficies que se pierden o renuevan, según el tipo de cultivo.

**TABLA 40:** SUPERFICIES EN CRECIMIENTO Y LAS SUPERFICIES QUE SE PIERDEN O RENUEVAN.

TIPO	SUPERFICIE EN CRECIMIENTO (ha)	SUPERFICIE QUE SE PIERDE O RENUEVA (ha)
Tropical	1 522.00	170.13
Templado	22 813.33	785.63

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 3.4.3.7 Factores de Emisión para Tierras De Cultivo

Los factores de emisión que son utilizados para la estimación de las Tierras De Cultivo que permanecen como Tierras De Cultivo, se muestran en el Cuadro 36.

**CUADRO 36:** FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TIERRAS CULTIVO.

FACTOR	VALOR	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
Tasa de acumulación de biomasa de cultivos perennes (Tropical húmedo)	2.63	Tonelada de carbono por hectárea por año	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.10, Cuadro 5.1
Tasa de acumulación de biomasa de cultivos perennes (Templado)	2.10	[ton C/ha/año]	
Pérdida de carbono de biomasa (Tropical húmedo)	21.00		
Pérdida de carbono de biomasa (Templado)	63.00		

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 3.4.3.8 Resultados de Emisiones y Remociones para Tierras de Cultivo

Se obtuvo un resultado de 4.27 GgCO<sub>2</sub>eq emisiones para la subcategoría Tierras de Cultivo, valor que proviene de Tierras de Cultivo que permanecen como Tierras de Cultivo.

La estimación de emisiones de Tierras de Cultivo que permanecen como Tierras de Cultivos provienen de las variaciones en las superficies de cultivos permanentes leñosos presentes en la región Tacna.

#### **SUBCATEGORÍAS PASTIZALES (3B3), HUMEDALES (3B4), ASENTAMIENTOS (3B5) Y OTRAS TIERRAS (3B6)**

Para estimaciones de emisiones y remociones de GEI de estas subcategorías se debe de construir matrices de uso y cambio de uso de la tierra, a partir de imágenes satelitales; desafortunadamente la ESA no cuenta

información correspondiente al año para el año del reporte 2021; por lo cual imposibilita la construcción de las matrices para las estimaciones de estas subcategorías.

### FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO<sub>2</sub> DE LA TIERRA (3C)

La categoría de Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión no CO<sub>2</sub> de la Tierra, para el Sector UTCUTS encierra emisiones de CO<sub>2</sub> y no CO<sub>2</sub> producidas por quema de biomasa en tierras gestionadas.

#### 3.4.3.9 Emisiones por Quema Biomasa en Tierras Forestales (3C1)

Esta subcategoría abarca emisiones de gases, como no CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O ocasionados por incendios forestales.

#### 3.4.3.10 Datos de Actividad

El Cuadro 37, muestra los datos utilizados para la estimación de GEI para Emisiones por Quema Biomasa en Tierras Forestales.

**CUADRO 37:** DATOS DE ACTIVIDAD PARA LA SUBCATEGORÍA QUEMA DE BIOMASA (TIERRAS FORESTALES).

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN Y/O SUMIDERO	DATOS IPCC	DATO DE ACTIVIDAD IPCC	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN	USO DE INFORMACIÓN
<b>3</b>	<b>USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>					
3C	FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO <sub>2</sub> EN LA TIERRA					
3C1	QUEMA DE BIOMASA					
3C1a	Quema de biomasa en Tierras Forestales	Superficie de Tierras Forestales afectadas por otras pérdidas	Superficie afectada (cicatrices) por incendios forestales	Hectáreas (ha)	Reporte de áreas afectadas (cicatrices) por incendios forestales.	Estimación de las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O por incendios forestales para la región Tacna.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Se obtuvo información de incendios forestales ocurridos para la región Tacna, mediante el Reporte De Áreas Afectadas (Cicatrices) Por Incendios Forestales, en el cual se adjunta información sobre las áreas afectadas por estos eventos en las cuatro provincias de la región además de proporcionar un total de 23 eventos para el año del reporte.

La Tabla 41 muestra las superficies (cicatrices) que fueron afectadas por incendios forestales para el año de reporte, el cual se tuvo un total de 237.89 ha.

**TABLA 41:** SUPERFICIE DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES PARA LA REGIÓN TACNA, SEGÚN PROVINCIAS.

PROVINCIA	SUPERFICIE (ha)
Candarave	46.44
Jorge Basadre	0
Tacna	7.72
Tarata	183.73
<b>Total</b>	<b>237.89</b>

Fuente: Datos obtenidos del Reporte De Áreas Afectadas (Cicatrices) Por Incendios Forestales (SERFOR, 2024).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### 3.4.3.11 Factores de Emisión para Fuentes Agregadas y Fuentes De Emisión no CO<sub>2</sub> de la Tierra

Los factores de emisión que son utilizados para la estimación de las Emisiones por Quema Biomasa en Tierras Forestales se muestran en el Cuadro 38.

**CUADRO 38:** FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS EN LA SUBCATEGORÍA QUEMA DE BIOMASA (TIERRAS FORESTALES).

FACTOR	VALOR	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
Biomasa área para bioma costa	18.65	Tonelada de materia seca	Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Ecozona Costa. Panel 1 y 2.*
Biomasa área para bioma sierra	39.87	[ton m.s./ha]	Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Panel 1.*
Factor de combustión	0.32	S/D	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.54, Cuadro 2.6
Factor de emisión	6.80	Gramos de GEI por	
Factor de emisión	104.00	kilogramos de materia	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.53,
Factor de emisión	0.20	seca quemada [g GEI/kg	Cuadro 2.5
Factor de emisión	1.60	m.s. quemada]	

Fuente: MINAM 2021.

\* (SERFOR, 2020) y (SERFOR, 2020).

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.4.4 RESULTADOS DE EMISIONES Y REMOCIONES PARA FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO<sub>2</sub> DE LA TIERRA

Se obtuvo un resultado de 0.73 GgCO<sub>2</sub>eq emisiones para la subcategoría Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión no CO<sub>2</sub> de la Tierra; valor que proviene de las superficies forestales que sufrieron perturbaciones por incendios.

### 3.4.5 RESULTADO DE EMISIONES

En el Cuadro 39, se presenta los resultados de las emisiones para el Sector UTCUTS, que fueron de 33.05 GgCO<sub>2</sub>eq que representan el **3.46%** de las emisiones a nivel regional, resultados que provienen de las subcategorías de Tierras Forestales con un 28.06 GgCO<sub>2</sub>eq y Tierras de Cultivo con un 4.27 GgCO<sub>2</sub>eq, adicional a estos resultados se obtuvieron para la subcategoría Fuentes Agregadas de no CO<sub>2</sub> en Tierras Forestales producto de incendios un valor de 0.73 GgCO<sub>2</sub>eq para la región Tacna.3.resultados de las emisiones para el Sector UT fueron de 33.05 GgCO<sub>2</sub>eq, resultados que provienen de las subcategorías de Tierras Forestales con un 28.06 GgCO<sub>2</sub>eq y Tierras de Cultivo con un 4.27 GgCO<sub>2</sub>eq, adicional a estos resultados se obtuvieron para la subcategoría Fuentes Agregadas de no CO<sub>2</sub> en Tierras Forestales producto de incendios un valor de 0.73 GgCO<sub>2</sub>

**CUADRO 39:** RESULTADOS DE EMISIONES DE GEI PARA EL SECTOR UTCUTS.RESULTADOS DE EMISIONES DE GEI PARA EL SECTOR UTCUTS.

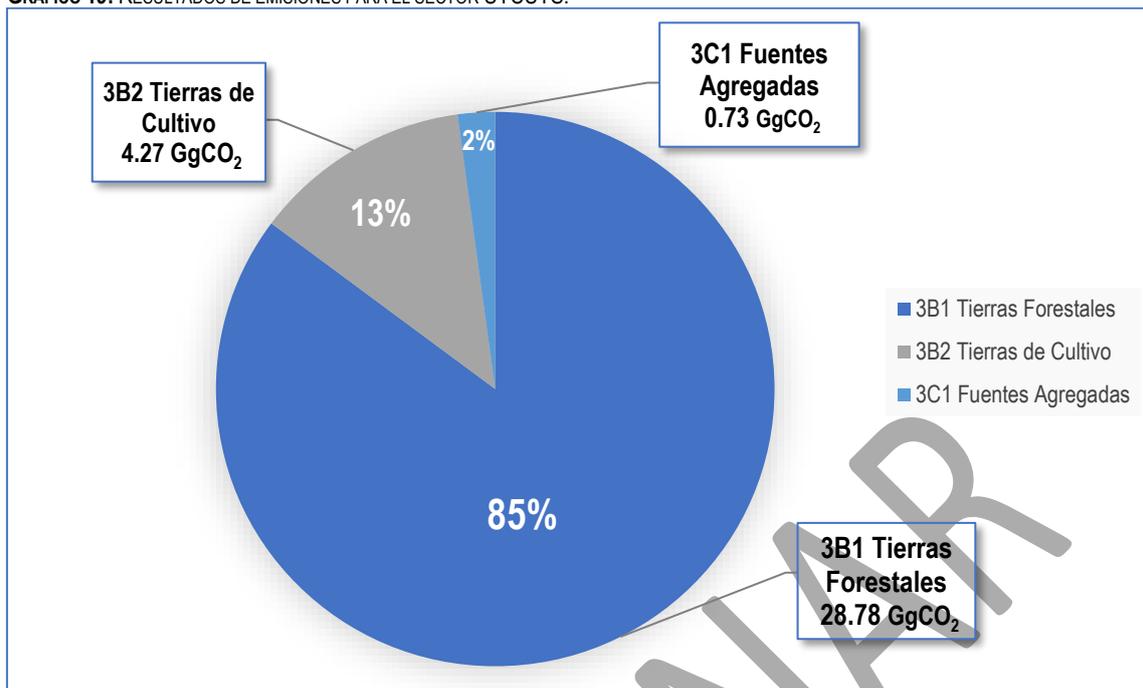
Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>		Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	
<b>4</b>	<b>UTCUTS</b>	<b>32.32</b>	<b>0.02</b>	<b>0.57</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	<b>33.05</b>	
<b>4A</b>	<b>Tierras forestales</b>	<b>28.06</b>	<b>0.02</b>	<b>0.57</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	<b>28.78</b>	
4A1	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	28.06	0.02	0.57	0.00	0.16	28.78	
<b>4B</b>	<b>Tierras de cultivo</b>	<b>4.27</b>	-	-	-	-	<b>4.27</b>	
4B1	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	4.27	-	-	-	-	4.27	

Fuente: MINAM 2021

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En el siguiente Gráfico 19, se muestra la subcategoría Tierras Forestales tiene un aporte de 85% siendo la más representativa en el sector UTCUTS, mientras que la subcategoría de Tierra de Cultivo presenta un valor del 13% y Fuentes Agregadas un valor de 2%.

GRÁFICO 19: RESULTADOS DE EMISIONES PARA EL SECTOR UTCUTS.



Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.5 DESECHOS

#### 3.5.1 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

El Sector Desechos se incluyen las siguientes categorías: Eliminación de desechos sólidos (5A), Tratamiento biológico de los desechos sólidos (5B), Incineración e incineración abierta de desechos (5C), y Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5D).

#### 3.5.2 FUENTES DE EMISIÓN (QUEMA DE COMBUSTIBLES, ENERGÍA ELÉCTRICA)

##### 3.5.2.1 Fuentes de emisión

El CH<sub>4</sub> generado en los SEDS constituye la principal fuente de GEI en el Sector Desechos. La incineración de residuos con contenido de carbono fósil (ej. plásticos) es la fuente primaria de CO<sub>2</sub>. Este Sector abarca todas las emisiones de GEI derivadas de la conversión de residuos en energía, ya sea por uso directo como combustible o por transformación previa. Los SEDS, el tratamiento de aguas residuales y la incineración de residuos no fósiles también generan CO<sub>2</sub>, éste es de origen biogénico y, por tanto, no se reporta en este Sector.

El N<sub>2</sub>O se produce en la mayoría de los tratamientos abordados en el volumen Desechos. El N<sub>2</sub>O se genera en la mayoría de los procesos de tratamiento de residuos. La magnitud de estas emisiones varía significativamente según el tipo de tratamiento y las condiciones operativas. Los residuos, su tratamiento y la eliminación de aguas residuales pueden también emitir COVDM, NO<sub>x</sub>, CO y NH<sub>3</sub>. Las emisiones de NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub> del Sector Desechos pueden inducir emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O. Los NO<sub>x</sub> se generan principalmente en la incineración, mientras que el NH<sub>3</sub> en el compostaje. A nivel global, las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O del Sector Desechos son probablemente insignificantes. No obstante, si se dispone de estimaciones de emisiones de NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub>, es recomendable calcular las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O para informes más completos.

**EMISIONES**

En el Cuadro 40, se presenta los GEI generados en el Sector Desechos.

**CUADRO 40:** CATEGORÍA DE EMISIONES Y GASES GENERADOS.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDERS DE EMISIÓN	GEI GENERADOS – DIRECTOS E INDIRECTOS
5A	Categoría	Eliminación de Desechos Sólidos	
5A	Subcategoría	Eliminación de desechos	CH <sub>4</sub>
5C	Categoría	Incineración e incineración abierta de desechos sólidos	
5C2	Subcategoría	Incineración abierta de desechos	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
5D	Categoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	
5D1	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
5D2	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH <sub>4</sub>

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**3.5.3 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN**

En el Sector Desechos los datos de actividad están relacionados con estadísticas públicas (residuos generados, aguas residuales generadas, etc.). Muchos de ellos debieron estimarse por la ausencia de valores para los primeros años de la serie. En el Cuadro 41, se muestra el detalle de los datos de actividad utilizados en cada categoría.

**CUADRO 41:** DATOS DE ACTIVIDAD – SECTOR ENERGÍA.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDERS DE EMISIÓN	FUENTE DE DATOS DE ACTIVIDAD
5A	Categoría	Eliminación de Desechos Sólidos	Población por departamento desde el año 1950. DGRS del MINAM, INEI kg/hab/año de los RSM, el tipo de gestión realizada a los RSM, y la recuperación de residuos sólidos municipales reportada (ton/año). DGRS del MINAM. Composición de residuos sólidos municipales. DGRS del MINAM. PBI publicado en los reportes del INEI. Reducción de emisiones de GEI (o recuperación de CH <sub>4</sub> en rellenos sanitarios del departamento).
5B	Categoría	Tratamiento biológico de desechos sólidos	atamiento biológico de desechos sólidos
5C	Categoría	Incineración e incineración abierta de desechos sólidos	
5C2	Subcategoría	Incineración abierta de desechos	Población total y población urbana que incinera residuos sólidos. DGRS del MINAM. GPC por distrito y departamento (kg/hab/año) de los RSMR. DGRS del MINAM. Composición de residuos sólidos municipales rurales. DGRS del MINAM. Sitios de disposición final de residuos sólidos municipales en zonas rurales. DGRS del MINAM.
5D	Categoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE EMISIÓN	FUENTE DE DATOS DE ACTIVIDAD
5D1	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Población urbano y rural, según departamento. DGRS del MINAM.</li> <li>- Población con alcantarillado. SUNASS.</li> <li>- Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas. INEI.</li> <li>- Volumen de aguas residuales domésticas recolectadas, volumen de aguas residuales domésticas tratadas. EPS Tacna.</li> <li>- Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas. EPS Tacna.</li> <li>- Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural. Oficina de Estadística e Informática del MVCS.</li> <li>- Población total según departamento. DGRS del MINAM. Consumo anual de proteína per cápita. FAO.</li> </ul>
5D2	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción industrial, según tipo de industria. OGEIEE de Produce.</li> <li>PBI departamental del sector. INEI.</li> <li>Tipos de tratamiento de las aguas residuales industriales previos a su vertimiento al cuerpo de agua natural. ANA.</li> </ul>

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.5.3.1 Eliminación de Desechos Sólidos (5A)

El CH<sub>4</sub> se produce por la descomposición anaeróbica microbiana de materia orgánica en SEDS. También se produce CO<sub>2</sub> producto de la descomposición de la materia orgánica derivada de las fuentes de biomasa (p. ej., cultivos, madera), pero el CO<sub>2</sub> de fuentes de desechos biogénicos u orgánicos se incluyen en el Sector UTCUTS. Las emisiones de gases halogenados deben contabilizarse en el Sector PIUP. En el Cuadro 42, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 42:** FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA (1A1).

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	DEFINICIÓN IPCC	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
			M	F	M	F	M	F
5A	Eliminación de Desechos Sólidos	El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de CH <sub>4</sub> . Además del CH <sub>4</sub> , los SEDS producen también CO <sub>2</sub> y COVDM, así como cantidades más pequeñas de N <sub>2</sub> O, NOx y CO.	NA	NA	N1	D	NE	NE

Nota: N1 = Nivel 1, NE = No Estimado, NA = No Aplica.

Fuente: MINAM 2021.

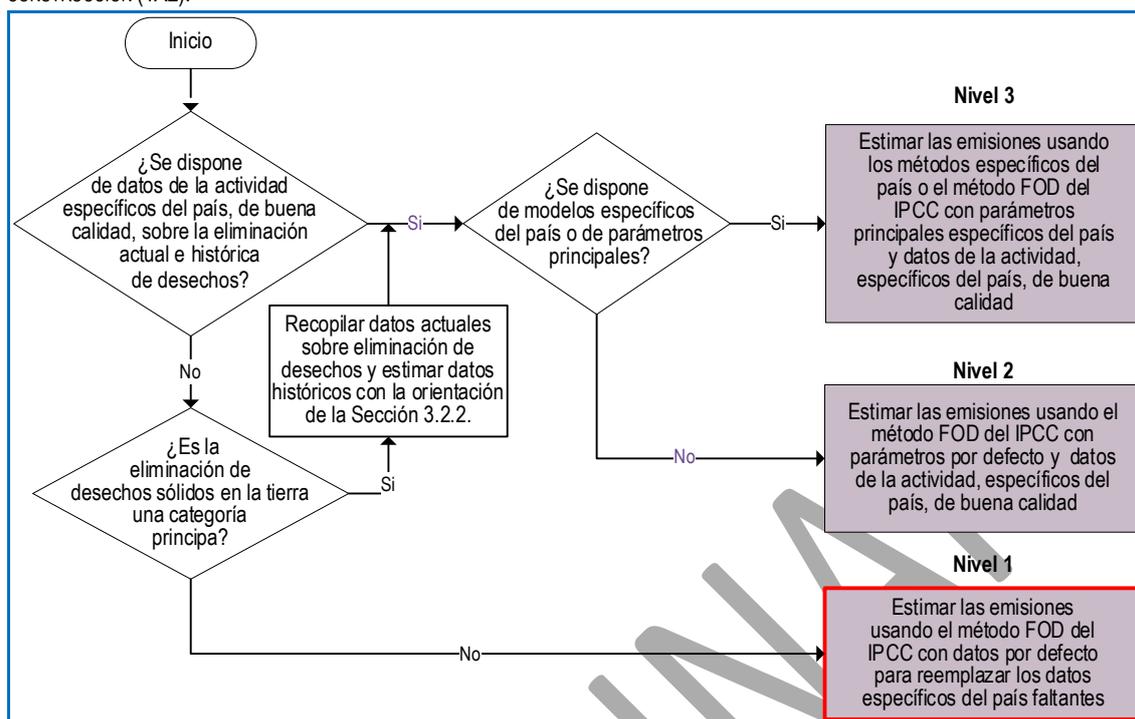
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### Metodología

#### Método de calculo

La metodología del IPCC para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de los SEDS se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD). En la Figura 16, se presenta el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los SEDS de las Directrices del IPCC de 2006, que facilita la elección de nivel para las estimaciones de CH<sub>4</sub>.

FIGURA 16: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 5.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- A nivel regional se cuenta con información sobre la disposición de residuos sólidos para el año actual del reporte y datos históricos.
- No se dispone de modelos específicos ni de parámetros requeridos a nivel local para Tacna.

A partir de esto se el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> utilizando el método de cálculo Nivel 2. Las estimaciones de la categoría se realizaron utilizando las ecuaciones 3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 de las Directrices del IPCC de 2006, que permiten calcular el carbono orgánico degradable (COD) descompuesto en el sitio de eliminación que da cuenta de la cantidad depositada cada año y de la cantidad restante de los años anteriores. Con esto último, se calcula la cantidad de COD que se descompone en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> cada año. Se debe incluir información generada en la región sobre datos de actividad y parámetros específicos. Sin embargo, si no se posee dicha información, como en Tacna, se puede trabajar con valores defecto con datos por las Directrices del IPCC de 2006. Finalmente, con todos los datos se calcula la cantidad de CH<sub>4</sub> generada a partir del carbono orgánico disuelto depositado (COD<sub>m</sub>) y resta el CH<sub>4</sub> recuperado y el CH<sub>4</sub> oxidado en el material de cobertura y produce como resultado la cantidad de CH<sub>4</sub> emitido. Se asume que los residuos no recolectados no emiten porque la descomposición es aeróbica.

#### Factores de emisión

Los parámetros utilizados para calcular las emisiones provenientes de SEDS se presenta en el Cuadro 43.

CUADRO 43: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A2).

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	FACTOR DE CONVERSION	VALOR	FUENTE DE INFORMACION
5A	Eliminación de Desechos Sólidos	Factor de Corrección de CH <sub>4</sub>	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo3, Pág. 3.15

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	FACTOR DE CONVERSION	VALOR	FUENTE DE INFORMACION
	Fracción de Carbono Orgánico Degradable (COD)		varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo3, Pág. 3.14
	Fracción del Carbono Orgánico Degradable que se descompone (CODf)		0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo3, Pág. 3.14
	Fracción de CHA en el gas de vertedero		0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo3, Pág. 3.16
	Factor de oxidación (OX)		0	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo3, Pág. 3.17

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Datos de actividad

En el Cuadro 44, se presenta la información utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**CUADRO 44:** DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5A – NIVEL 1.

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	DATO NACIONAL	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
				(1) Estimación
				(2) INEI - Población Estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, 2000-2024.
		Población total nacional	Personas	(3) Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS) a partir de archivos de población proporcionada por el INEI para elaborar estadísticas de la gestión de residuos sólidos en el Perú.
				(4) - INEI - Población censada, según departamento y año censal.
5A	Eliminación de desechos sólidos	Distribución de cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo a su gestión	-	(1) Disposición Final RS 1994-2022 (2) MINAM-Valorización de RS Municipales 2014 - 2020 (3) RAGEI_4C2_Incineración-de-residuos-sólidos-2022.xls
		Generación per cápita anual	kg/hab/año	(4) Base integrada 2020_VF.xls, Base integrada 2021_VF.xls y Base integrada 2022_VF.xls
		Composición de desechos	% según tipo de residuo	(1) NAMA Residuos Sólidos, 2014 - NAMA RS GHG_BAU_Peru_final_GWP_25.xls (2) Ministerio del Ambiente - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, archivos excel de Composición RRSS Municipales de los años del 2015 al 2021. Disponible en los archivos: INTEGRADO COMPOSICIÓN 2015-2021.xls, Composición_2015.xls, Composición_2016.xls, Composición_2017.xls, Composición_2018.xls, Composición_2019.xls, Composición_2020.xls Y Composición_2021.xls

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	DATO NACIONAL	UNIDAD	FUENTE DE INFORMACIÓN
		Reducción de emisiones de GEI en rellenos sanitarios del Perú	GgCO <sub>2</sub> eq	NO
		Generación de desechos no municipales (industriales no peligrosos)	ton/año	

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- Población total departamental 1950 - 2021

Las estimaciones del informe se basan en la generación de residuos sólidos a nivel regional, se abarca tanto zonas urbanas como rurales, por eso se utiliza el dato de población total. Según la metodología de nivel 1 se requiere información de la población total desde 1950. La población departamental se construyó sobre todo según los datos del INEI que informa sobre proyecciones y estimaciones de la población total, urbano y rural a nivel nacional y departamental, y si no se tienen estimaciones de fuentes oficiales se puede recurrir a técnicas de empalme como lo sugiere las Directrices del IPCC del 2006.

La información de 1950 a 1999 se estima por el método de extrapolación de tendencias retrospectivas hacia atrás, con información registrada por el INEI de población departamental de 1995 a 2021. La información de 1995 al 2013 se construyó a partir de información del INEI sobre la población estimada, que representan una mejor aproximación basada en los censos nacionales, la información desde 2014 al 2021 se construyó a partir de documentos de la DGRS sobre la composición de residuos sólidos. La información de los años 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007, 2017 proviene de los censos nacionales. Estos documentos se pueden encontrar en la carpeta de sustentos del presente documento/Anexos.

- Distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión

La distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales según su gestión permite asegurar que el 100% de los residuos sólidos generados se hayan considerado en las categorías contenidas en este documento. Esta información se puede encontrar en la carpeta de sustentos del presente documento

- Generación per cápita de desechos sólidos municipales

La Generación per cápita de desechos sólidos municipales fue construida principalmente a partir de información publicada por la DGRS. En el Cuadro 45, se muestran la GPC para el periodo 1994 al 2021. Dado que no se cuenta con información exacta sobre la gestión de los residuos sólidos municipales a nivel regional desde el año 1994 al 2010, el equipo técnico a cargo del inventario GEI de la SGGA del GORE Tacna identificó mediante Juicio de Experto la siguiente información para dichos años siendo datos conservadores.

A partir del año 2014, la DGRS del MINAM comenzó a sistematizar los datos representativos sobre la gestión de residuos sólidos reportados por las municipalidades en el SIGERSOL, dentro de los cuales están: GPC, composición, recolección, recuperación y disposición final en rellenos sanitarios, entre otros. Las municipalidades reportaron estos datos de recuperación al MINAM en el programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal. A partir del año 2018 existe información de residuos sólidos orgánicos recuperados.

**CUADRO 45:** GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

AÑO	GPC MUNICIPAL KG/HAB/DÍA
1994 - 2010	0.625
2011	0.436
2012	0.717
2013	0.695
2014	0.659
2015	0.657
2016	0.633
2017	0.632
2018	0.588
2019	0.610
2020	0.609
2021	0.630

Fuente: DGRS del MINAM.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- Composición de residuos

La información sobre la composición de residuos proviene de la DGRS, con una base de datos nacional desde 2010 desde el funcionamiento del SIGERSOL, la calidad de los datos mejora mucho a partir de 2015 por un aumento en los reportes municipales, la implementación de controles de calidad y una metodología para completar datos faltantes. Para el periodo 1950 al 2014 se utilizó la herramienta de cálculo de emisiones de GEI del tratamiento de residuos sólidos municipales en Perú, desarrollada en el contexto de la NAMA de Residuos Sólidos en 2014. Para el periodo 2015 a 2021 se emplearon directamente los datos de la DGRS recopilados a través del SIGERSOL. En el Cuadro 46, se muestra la información de composición de residuos sólidos.

**CUADRO 46:** COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA EL AÑO 2021.

AÑO	ALIMENTOS	JARDÍN	PAPEL	MADERA	TEXTILES	RESIDUOS SANITARIOS	PLÁSTICOS Y OTROS INERTES	TOTAL
2021	51%	2%	9%	0%	1%	10%	27%	100%

Fuente: DGRS del MINAM.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- Reducción de emisiones de GEI en rellenos sanitarios

Respecto a la reducción de emisiones de GEI en Tacna no se cuenta con infraestructura de relleno sanitario, es por ello por lo que no se registra reducciones.

### 3.5.3.2 Tratamiento biológico de desechos sólidos (5B)

La categoría Tratamiento biológico de residuos sólidos abarca procesos que modifican la cantidad y composición de los residuos, como el compostaje y la digestión anaeróbica de materia orgánica. Estos procesos contribuyen a la reducción del volumen de residuos, su estabilización y la eliminación de patógenos. La digestión anaeróbica, además, permite generar biogás que puede aprovecharse energéticamente. El compostaje, por su parte, produce un material útil como fertilizante y abono para suelos, aunque también puede destinarse a su disposición final en SEDS.

En el Cuadro 47, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 47:** FUENTES DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		FACTOR DE EMISIÓN
		M	F	M	F	M	F	
5B	Tratamiento biológico de desechos sólidos	NA	NA	N1	D	N1	D	

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto, NA = No Aplica.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### Metodología

#### Método de calculo

Para la estimación de las emisiones de GEI del tratamiento biológico de residuos sólidos, las Directrices del IPCC de 2006 no ofrecen un árbol de decisiones que guíe la elección del método de cálculo. A nivel regional, la información disponible se limita a la cantidad de residuos orgánicos valorizados por las municipalidades que participan en el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal, sin datos específicos sobre plantas de tratamiento. Además, no se cuenta con métodos regionales basados en mediciones representativas para determinar los factores de emisión. Por ello se utilizó una metodología de Nivel 1 para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, se han utilizado las ecuaciones 4.1 y 4.2, con factores de emisión por defecto.

#### Factores de emisión

Se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, que se muestran en el Cuadro 48. Se aplicaron estos valores por defecto y se mantuvieron constantes entre 1994 y 2021.

**CUADRO 48:** FACTORES DE EMISIÓN PARA LA CATEGORÍA TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE CONVERSIÓN	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
5B	Tratamiento biológico de desechos sólidos.	Factores de emisión de CH <sub>4</sub> (g de CH <sub>4</sub> /kg. de desechos tratados) sobre la base de peso húmedo para la preparación de abono orgánico (compost).	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 4: Tratamiento biológico de Desechos Sólidos. Cuadro 4.1 Pag 4.7
		Factores de emisión de N <sub>2</sub> O (g de N <sub>2</sub> O/kg. de desechos tratados) sobre la base de peso húmedo para la preparación de abono orgánico (compost).	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 4: Tratamiento biológico de Desechos Sólidos. Cuadro 4.1 Pag 4.7

Nota: D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Datos de actividad

Los datos de actividad para esta categoría provienen principalmente de información sobre valorización de la DGRS, tal como se muestra en el Cuadro 49.

CUADRO 49: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5B – NIVEL 1.

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	DEFINICIÓN DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006	DATO DE ACTIVIDAD DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006	DATO REGIONAL	FUENTE DE INFORMACIÓN
5B	Tratamiento biológico de desechos sólidos	Las emisiones de CH <sub>4</sub> y de N <sub>2</sub> O provenientes de la preparación de abono orgánico y de la digestión anaeróbica en las instalaciones de biogás dependen de factores tales como el tipo de desecho tratado, la cantidad y el tipo del material de soporte utilizado (como las astillas de madera (chips) y la turba), la temperatura, el contenido de humedad y la aireación durante el proceso.	Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico	Cantidad de residuos sólidos orgánicos recuperados. t/año	RAGEI_5B_Tratamiento-biológico-2021_V.Final_11.01.24_MINAM_GOREs.xlsx Archivos: Base integrada 2020_VF_26-09-2023.xls, Base integrada 2021_VF_04-10-2023.xls y Base integrada 2022_VF_26-09-2023.xls

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- Cantidad de desechos sólidos sometidos a tratamiento biológico

La información sobre la cantidad de residuos sólidos recuperados se obtuvo del Programa de Incentivos para la Mejora de la Gestión Municipal, disponible desde 2018. Al respecto, se considera que años previos al 2018 esta actividad no ha existido ya que no se tiene ninguna información que corrobore lo contrario. Finalmente, de acuerdo con lo reportado en el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal, el tratamiento que se le da a los residuos sólidos orgánicos recuperados es compostaje principalmente.

CUADRO 50: VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL AÑO 2021.

AÑO	CANTIDAD VALORIZADA ORGÁNICOS (ton/AÑO)	CANTIDAD VALORIZADA INORGÁNICOS (ton/AÑO)	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS VALORIZADOS (ton/AÑO)
2021	384.009	760.643	7 911.960

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.5.3.3 Incineración e incineración abierta de desechos sólidos (5C)

La categoría Incineración e incineración abierta de desechos sólidos incluye las emisiones de GEI que resultan de la combustión de residuos sólidos y líquidos sin recuperación de energía que apuntan a la combustión de materiales principalmente no deseados y específicamente la incineración abierta implica que el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire o a través de dispositivos de incineración que no controlan el aire salida de la combustión. La subcategoría que se incluye es la Incineración abierta de desechos sólidos (5C2).

En el Cuadro 51, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 51: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS SÓLIDOS (5C).**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
5C2	Incineración abierta de desechos	N1	D	N1	D	N1	D

Nota: N1 = Nivel 1, D = por Defecto.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

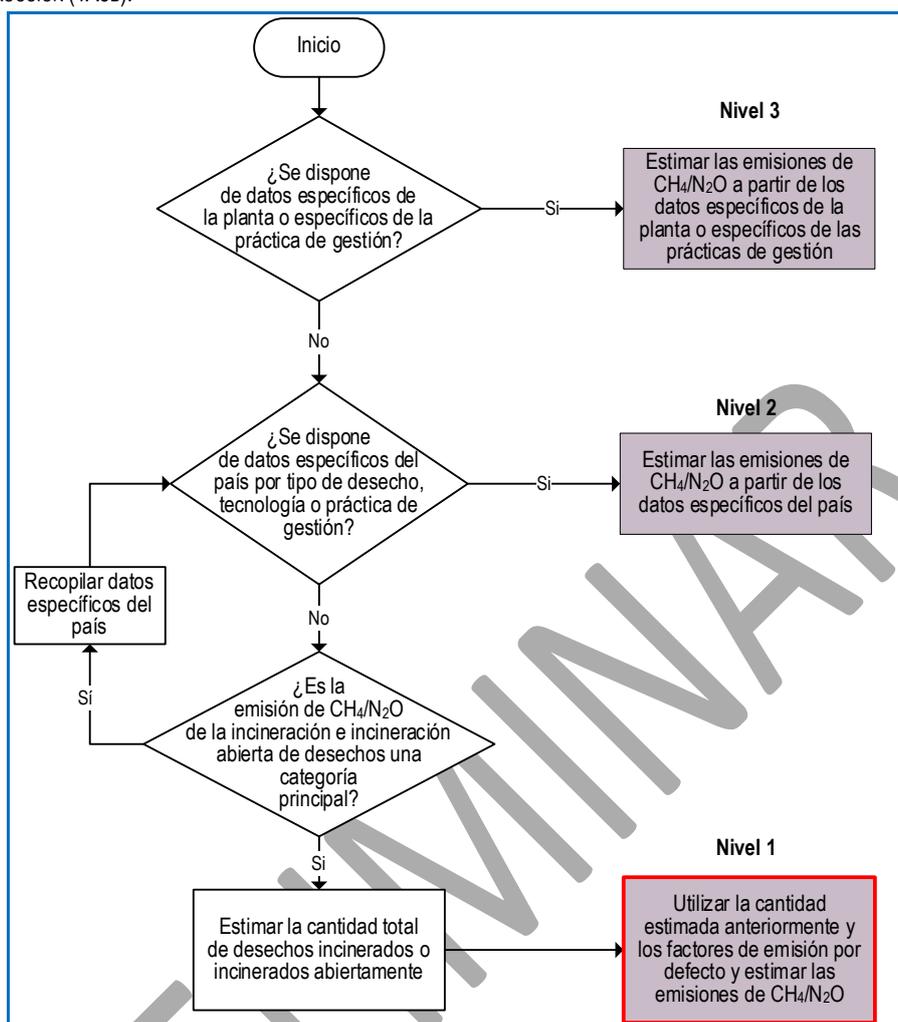
### Metodología

#### Método de cálculo

El presente diagnóstico solo reporta estimaciones de las emisiones de la subcategoría 5C2 debido a que no se cuenta con información relacionada a incineración controlada de desechos a nivel regional. En la Figura 17, se presenta el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema a cielo abierto de desechos de las Directrices del IPCC de 2006, que facilita la elección de nivel de cálculo para estimar las emisiones.

PRELIMINAR

FIGURA 17: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O DE LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN (1A3B).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 5.  
Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se informa de la cantidad de residuos sólidos incinerados en la región de Tacna.
- No se dispone de información detallada sobre la incineración en Tacna, como el tipo de desechos incinerados, la tecnología utilizada o las prácticas de gestión implementadas.

Las estimaciones de la subcategoría se realizaron utilizando las ecuaciones 5.4 y 5.5 de las Directrices del IPCC de 2006

#### Factores de emisión

Se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, que se muestran en el Cuadro 52.

CUADRO 52: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA CATEGORÍA TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS SÓLIDOS (5B).

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE CONVERSIÓN	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
5C	Incineración abierta de desechos	Contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág 2.14

Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág 2.14
Fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág 2.14
Factor de oxidación, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos Cuadro 5.2 Pág 5.18
Factor de emisión de CH <sub>4</sub> agregado, kg. de CH <sub>4</sub> /Gg de desechos	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Tabla 5.3 Factores de emisión de CH <sub>4</sub> - Pág 5.20
Factor de emisión de N <sub>2</sub> O (kg. de N <sub>2</sub> O /Gg de desechos)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Cuadro 5.6- Pág 5.22

Nota: D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Datos de actividad

En el Cuadro 53, se presenta la información utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**CUADRO 53: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5C – NIVEL 1.**

CATEGORÍA	FUENTE DE EMISIÓN	DEFINICIÓN DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006	DATO DE ACTIVIDAD DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006	DATO DEPARTAMENTAL	FUENTE DE INFORMACIÓN
5C1	Incineración abierta de desechos	Combustión de materiales combustibles no deseables, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna.	Cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta	Cantidad de Residuos Sólidos Incinerados a Cielo Abierto	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos - Ministerio del Ambiente
				Población total, urbana y rural	(1) Estimación 1990-2013 (2) Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS) a partir de archivos de población proporcionados por el INEI para elaborar estadísticas de la gestión de residuos sólidos en el Perú. Disponible en el archivo "Población total, urbana y rural 2014 - 2022.xls"
				Generación per cápita rural según distrito y región geográfica	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos - Ministerio del Ambiente
				Composición de desechos	Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos
				Fracción de la población que quema desechos	Valor calculado en base a la Base de datos proporcionada por MINAM.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

A continuación, se describe las consideraciones de la información mencionada en la tabla anterior:

- Población

La generación de residuos sólidos en zonas rurales exhibe una correlación directa con la densidad poblacional. En el contexto de la incineración abierta, se plantea la hipótesis de que esta práctica es prevalente en la población rural debido a la ausencia de un sistema de recolección de residuos eficiente. En consecuencia, para esta subcategoría específica, la población rural se establece como dato de actividad clave en el cálculo de las estimaciones. El INEI proporciona datos sobre la población rural para el período comprendido entre 2014 y 2021, lo que constituye una fuente de información relevante para el análisis. Sin embargo, entre 1990 y 2013 la información rural se estimó por el método de extrapolación de tendencias retrospectivas hacia atrás, con información del periodo 2014–2021.

- Cantidad de residuos sólidos incinerados a cielo abierto

La DGRS del MINAM mantiene un registro de datos sobre la generación per cápita de residuos sólidos en áreas rurales desde el año 2015. Con esta información y datos demográficos sobre la población rural, se estimó la generación total de residuos sólidos en zonas rurales sin servicio de recolección. En el Cuadro 54, se muestran las tasas de generación per cápita al año 2021.

CUADRO 54: GPC PROMEDIO RURAL.

AÑO	GPC PROMEDIO (KG/HAB/DÍA)
2019	0.46
2020	0.43
2021	0.42

Fuente: DGRS del MINAM.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

Se aplicó una tasa de generación de residuos específica para el área rural, diferenciando así los valores utilizados en las categorías 5A (total nacional) y 5C2 (exclusivamente rural). A la generación total de residuos en la población rural se le aplicó un factor de reducción correspondiente al porcentaje de residuos orgánicos y de madera/follaje que son desviados para su reutilización como alimento para animales y leña, respectivamente, una práctica común en zonas rurales del Perú. La cantidad resultante, tras la sustracción de la fracción reutilizada, se considera como la cantidad de residuos sometida a quema a cielo abierto. Finalmente, utilizando datos de composición de residuos, se determinó el total incinerado por tipo de residuo. Sin embargo, solo se consideran las poblaciones que no registran sitio de disposición final de sus residuos sólidos, lo que podría indicar que dichas poblaciones incineran sus residuos. En el caso de la región todos los distritos registran su sitio de disposición final como un botadero, por lo cual no se un Total de residuos sólidos incinerados.

- Composición de desechos

La DGRS mantiene una base de datos nacional sobre la composición de residuos desde 2010. La calidad de los datos mejora a partir de 2015 debido a: mayor cantidad de reportes municipales al SIGERSOL, implementación de controles de calidad, y metodología para completar datos faltantes.

Se utilizó la composición de residuos sólidos municipales rurales de 2021, reconociendo la variabilidad anual según el SIGERSOL. Para 1994-2014, se asumió la composición de 2015 debido a la falta de correlación con variables proxy. Se consideró que la materia orgánica se destina a alimentación animal y la madera/follaje a combustión, prácticas comunes en zonas rurales.

- Sitios de disposición final de residuos sólidos

Para distritos sin información sobre sitios de disposición final (relleno sanitario o botadero), se asumió la incineración de residuos. Se utilizó la información de la DGRS sobre sitios de disposición final (2015-2021) para identificar distritos con acceso a estos, asumiendo que no incineran y excluyéndolos del cálculo.

- Fracción de la población que quema residuos (P-Frac)

Se estimó P-Frac para toda la serie usando población rural total y población que incinera residuos (según DGRS, 2015-2021). Para 1994-2014, se mantuvo constante el valor de 2015.

#### 3.5.3.4 Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5D)

Las aguas residuales domésticas, al ser tratadas o eliminadas en condiciones anaeróbicas, pueden generar emisiones de CH<sub>4</sub>, además de ser una fuente potencial de N<sub>2</sub>O. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a estas aguas, al ser de origen biogénico, no se consideran en el cálculo de emisiones totales según las Directrices del IPCC de 2006. Estas aguas residuales, de fuentes domésticas, comerciales e industriales, pueden gestionarse de diversas formas: tratamiento *in situ* (sin recolección), transporte por alcantarillado a una planta de tratamiento centralizada o descarga directa sin tratamiento previo. Las aguas residuales domésticas, compuestas por los residuos de agua generados en los hogares, pueden ser tratadas *in situ*, recolectadas y transportadas mediante sistemas de alcantarillado a plantas de tratamiento centralizadas (PTAR), o vertidas sin tratamiento en cuerpos de agua cercanos o sistemas de drenaje.

Esta categoría engloba dos subcategorías principales:

- Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas (5D1)
- Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales (5D2)

En el contexto regional, esta categoría comprende las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O resultantes de los diversos procesos de tratamiento aplicados tanto a las aguas residuales domésticas e industriales.

##### **TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS(5D1)**

En el contexto de Tacna, el tratamiento de aguas residuales se realiza principalmente con lagunas aireadas y lagunas facultativas, tecnologías que pueden generar emisiones de CH<sub>4</sub> por las condiciones anaeróbicas de estos sistemas. Además, las aguas residuales también pueden ser fuente de emisiones de N<sub>2</sub>O. Es importante destacar que las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen biogénico asociadas a las aguas residuales no se consideran en el ámbito de las Directrices del IPCC de 2006.

A nivel regional, las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con las aguas residuales domésticas abarcan tanto las generadas en las PTAR como las provenientes de otros métodos de disposición, como sistemas sépticos o vertidos directos. La evolución en las tecnologías de tratamiento, con la creciente implementación de plantas anaeróbicas que permiten la recuperación de CH<sub>4</sub>, ha modificado el panorama de emisiones en los últimos años.

La SUNASS es la entidad responsable de la regulación y supervisión de las empresas sanitarias encargadas del tratamiento de aguas residuales domésticas en Perú. Además, la SUNASS recopila y gestiona los datos sobre la cobertura de recolección y tratamiento de aguas residuales a nivel regional, incluyendo Tacna.

En el Cuadro 55, detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 55: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		MÉ TO DO UTI LIZ AD O	F A C T O R D E E M I S I Ó N	MÉ TO DO UTI LIZ AD O	FA CT OR D E E M I S I Ó N	M É T O D O U T I L I Z A D O	FA CT OR D E E M I S I Ó N
5D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	NA	NA	N1	D	N1	D

Nota: NA = No Aplica, N1 = Nivel 1, D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

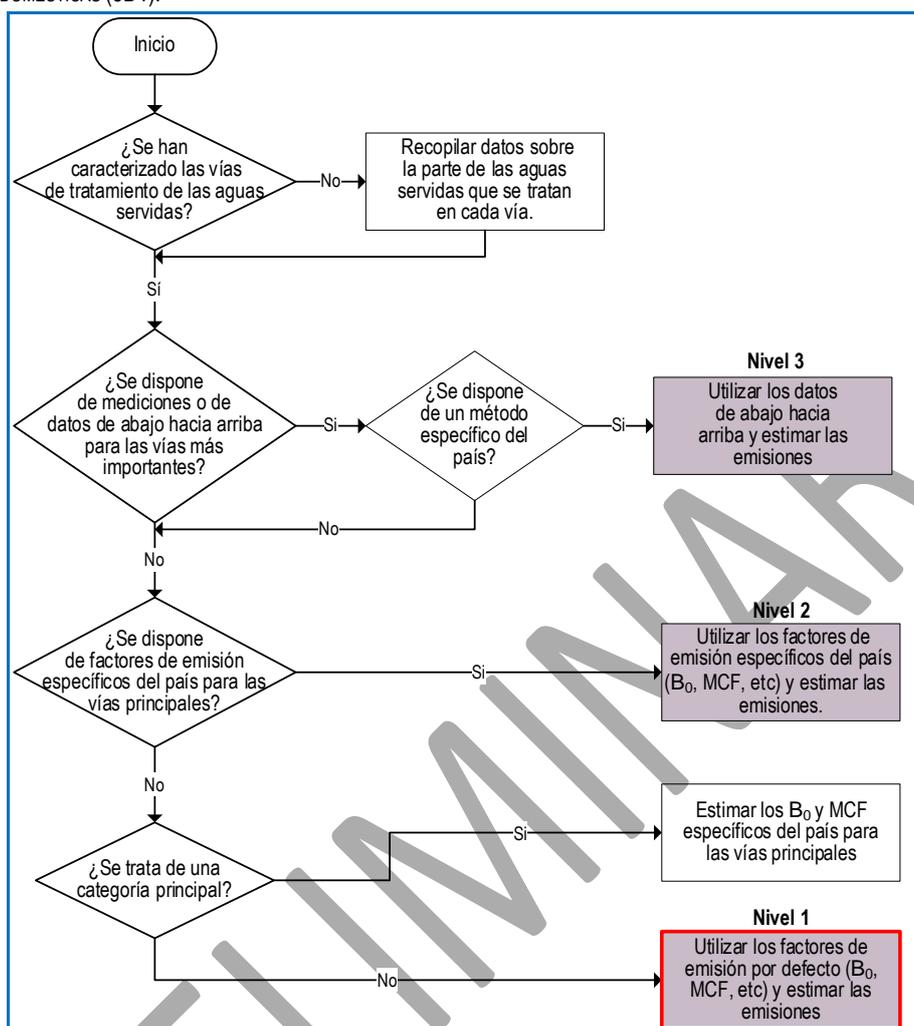
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### Metodología

#### Método de cálculo

En la Figura 18, se muestra el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. La selección del método de cálculo se basó en la disponibilidad de datos específicos para esta subcategoría en el contexto local.

FIGURA 18: ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 5.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se dispone de una clasificación general de los tipos de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional, incluyendo la diferenciación por formas de eliminación de excretas según área de residencia y tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por las EPS. A nivel regional esta información no se encuentra tan disgregada.
- No se cuenta con información detallada a nivel de planta individual, como el volumen de agua tratada, producción de lodos, u otros parámetros relevantes para la estimación precisa de emisiones de GEI en cada sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- No se dispone de factores de emisión específicos para cada tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas en el país, lo que limita la capacidad de realizar estimaciones de emisiones ajustadas a la realidad local.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del tratamiento de aguas residuales (categoría 5D) son reconocidas como una fuente significativa en el INGEI 2016. Sin embargo, no se cuenta con valores de valores de B<sub>0</sub> y MCF específicos del país, lo que limita la capacidad de aplicarlas a la realidad local.

Las estimaciones de la subcategoría se realizaron utilizando las ecuaciones 6.3, 6.2 y 6.1 de las Directrices del IPCC de 2006

Factores de emisión

Para la estimación precisa de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de aguas residuales y excretas, es necesario aplicar factores de emisión específicos a cada vía o sistema de tratamiento y eliminación empleado en la región, siguiendo la clasificación establecida en las Directrices del IPCC de 2006. En este sentido, se ha realizado una correspondencia entre los tipos de descarga y tratamientos de aguas residuales domésticas y la disposición sanitaria de excretas a nivel nacional con las categorías definidas por el IPCC. Esta correspondencia, detallada en los Cuadro 56 y Cuadro 57, se basa en la evaluación realizada para el RAGEI 2016 y en el juicio de expertos.

Además, para el RAGEI 2019, se propone diferenciar entre plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) "bien operadas" y "mal operadas" en el ámbito de las EPS (urbano), de acuerdo con la clasificación del IPCC y con base en la información de sobrecarga hidráulica y orgánica proporcionada por la SUNASS en su Diagnóstico de las PTAR en el Ámbito de las Empresas Prestadoras - 2022.

Finalmente, ante la falta de información detallada sobre los sistemas a nivel nacional, se adopta el supuesto simplificador de asociar la falta de tratamiento, ya sea recolectada o no, con el MCF por defecto establecido para la eliminación de efluentes en ríos, lagos o mares.

Para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub>, se requiere utilizar un factor de emisión específico para cada vía o sistema de tratamiento y eliminación utilizado en el país, clasificados según los que establecen las Directrices del IPCC de 2006. Es por ello, que se realizó la correspondencia de los tipos de descarga y tratamientos de las aguas residuales domésticas y la disposición sanitaria de excretas nacionales con la clasificación establecida en las Directrices del IPCC de 2006. La correspondencia que se muestra en los cuadros siguientes, se realizó con base a la evaluación realizada para el RAGEI 2019. Asimismo, para el RAGEI 2019 se contempla realizar una diferenciación entre plantas "bien operadas" y "mal operadas" en el ámbito de las EPS (urbano), de acuerdo con la clasificación de las Directrices del IPCC de 2006 y con base a la información de sobrecarga hidráulica y orgánica presentada por la SUNASS a través del Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el Ámbito de las Empresas Prestadoras - 2022. Finalmente, como supuesto simplificador ante la falta de información detallada de los sistemas a nivel nacional, se asocia la falta de tratamiento, recolectada o no, con el MCF por defecto dispuesto para la eliminación de efluentes en ríos, lagos o mares.

**CUADRO 56: CORRESPONDENCIA DE LOS TRATAMIENTOS NACIONALES O SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS CON LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 – URBANO.**

TIPO	CORRESPONDENCIA CON LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 PARA EFECTOS DE IDENTIFICACIÓN DEL MFC
Pretratamiento avanzado	Eliminación en río, lago y mar
Lagunas facultativas	Bien operadas: Laguna anaeróbica poco profunda
	Mal operadas, sobrecargadas: Laguna anaeróbica profunda
Lagunas aireadas	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Mal operada. Sobrecargada.
	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Bien operada
Lagunas anaerobias	Laguna anaeróbica profunda
Lodos activados	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Mal operada. Sobrecargada.
	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Bien operada
Tanque Imhoff	Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)
Tanque séptico	Sistema séptico
Filtro biológico	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Mal operada. Sobrecargada.
	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Bien operada
Zanjas de oxidación	Planta de tratamiento centralizado aeróbico. Mal operada. Sobrecargada.
Otros	Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)

TIPO	CORRESPONDENCIA CON LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 PARA EFECTOS DE IDENTIFICACIÓN DEL MFC
Letrina	Letrina, Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)
Pozo séptico	Sistema séptico
Pozo ciego o negro	Sistema séptico
Río, acequia, canal	Eliminación en río, lago y mar
No tiene	Eliminación en río, lago y mar

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**CUADRO 57:** CORRESPONDENCIA DE LOS TRATAMIENTOS NACIONALES O SISTEMAS DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS CON LOS TRATAMIENTOS DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 – RURAL.

TIPO	CORRESPONDENCIA CON LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006 PARA EFECTOS DE IDENTIFICACIÓN DEL MFC
Alcantarillado con PTAR	Laguna anaeróbica poco profunda
Alcantarillado sin PTAR	Eliminación en río, lago y mar
Letrina	Letrina, Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)
Pozo séptico	Sistema séptico
Pozo ciego o negro	Sistema séptico
Río, acequia, canal	Eliminación en río, lago y mar
No tiene	Eliminación en río, lago y mar

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

En el Cuadro 58, se han utilizado valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para CH<sub>4</sub>.

**CUADRO 58:** FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (5D1).

CATEGORIZACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
5D1	Emisiones de CH <sub>4</sub>	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.3, pág. 6.14.
		Factor de Corrección de CH <sub>4</sub> por tipo de tratamiento	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Tabla 6.3, pág. 6.13.
		Capacidad máxima de producción de CH <sub>4</sub> para las aguas residuales (kg CH <sub>4</sub> /kg DBO)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.2, pág. 6.12. Valor por defecto Bo=0.6 kg CH <sub>4</sub> /kgCOD
	Emisiones de N <sub>2</sub> O	Fracción de nitrógeno en la proteína (kg N/kg proteína)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.8, pág. 6.25.
		Fracción de proteína a no consumida F <sub>NON-CON</sub> (kgN/kg Proteína)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.8, pág. 6.25.
		Nitrógeno eliminado en lodos N <sub>LODO</sub> (KgN/año)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.8, pág. 6.25.
		Factor de emisión del N <sub>2</sub> O EF <sub>EFLUENTE</sub> (kg N <sub>2</sub> O -N/kg N)	D	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Tabla 6.11, pág. 6.27.
		Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.8, pág. 6.25.

CATEGORIZACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
		sistemas de alcantarillado (FIND-COM)		

Nota: D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

*Datos de actividad*

En el Cuadro 59, se presenta la información utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**CUADRO 59: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5D1 – NIVEL 1.**

CATEGORIA	FUENTE DE EMISIÓN	DEFINICIÓN IPCC	DATO DE ACTIVIDAD IPCC	DATO REGIONAL	FUENTE DE INFORMACIÓN
5D1	Emisiones de CH <sub>4</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub> generadas por el tratamiento y eliminación de agua residual doméstica en condiciones anaeróbicas.	Población humana	Población total, urbana y rural	INEI: ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN. Población Estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, 2000-2024.
			DBO por persona	DBO <sub>5</sub>	MVCS. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.090, Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, cap. 4.3, Art. 4.3.6, p.
			Fracción del grupo de ingresos de la población (U)	Población total, urbana y rural	INEI: ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN. Población Estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, 2000-2024.
			Grado de utilización del sistema de tratamiento y/o eliminación (T <sub>i,j</sub> )	Distribución nacional de formas de eliminación de excretas urbano y rural, y tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas	SUNASS. Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas.  Información de formas de eliminación de excretas de los hogares según área de residencia (urbano rural) del 2013-2021. INEI, Compendio Estadístico, Perú 2022-  INEI, Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico - Nro 01.  INEI. Base de datos Redatam de "Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda".
		Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.3, pág. 6.14.		
	Emisiones de N <sub>2</sub> O	Las emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O generado por la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales: urea, nitrato y proteínas	Población (cifra)	Población total	INEI: ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN. Población Estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, 2000-2024.
		Consumo anual de proteína per-cápita	Consumo total de proteínas 1990-2007	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAOSTAT (Datos de seguridad alimentaria).	

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

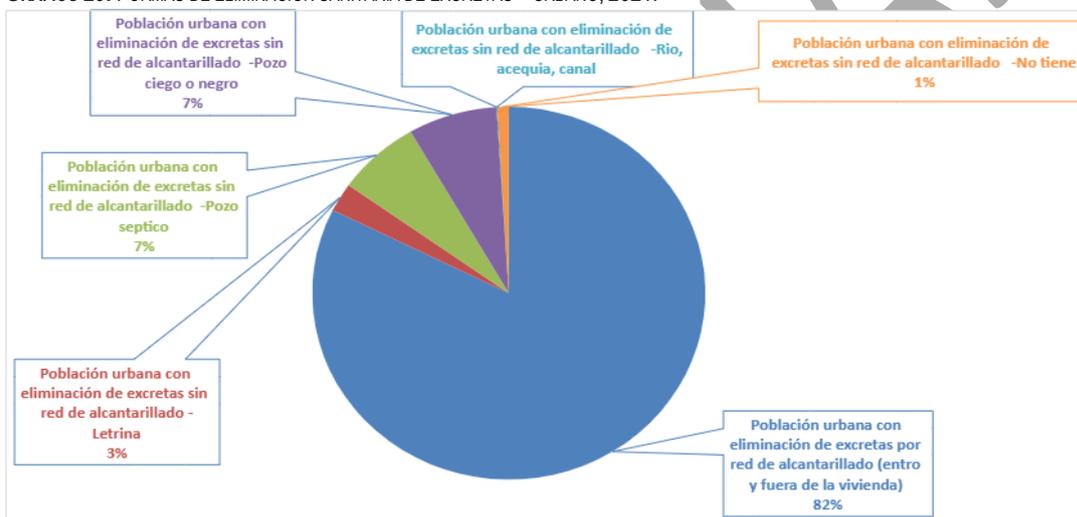
Para la estimación del contenido total de carbono orgánico degradable en las ROT, es necesario conocer la población total para cada año de la serie temporal. Además, hay que conocer la proporción de población

urbana y rural porque sus sistemas de eliminación o tratamiento se utilizan en distinta proporción. Por lo tanto, para esta subcategoría, la población urbana y rural es el dato de actividad utilizado en las estimaciones. El INEI proporciona datos sobre la población rural para el período comprendido entre 2014 y 2021, lo que constituye una fuente de información relevante para el análisis. Sin embargo, para el periodo comprendido entre 1990 al 2013 la información de la población rural fue estimada por el método de extrapolación de tendencias retrospectiva hacia atrás, con información del periodo 2014 – 2021.

- Sistemas de descarga, tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

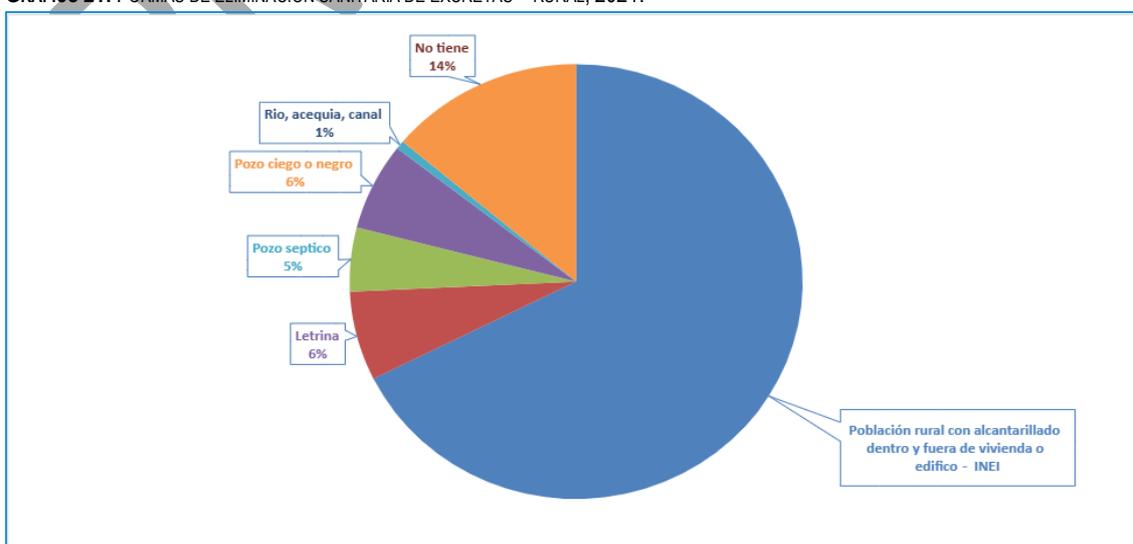
Las emisiones de CH<sub>4</sub> en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas incluyen las emisiones generadas en todos los tipos de descargas y tipos de tratamientos a nivel regional. Según la realidad nacional tanto las zonas rurales como las urbanas cuentan con un porcentaje de su población con alcantarillado y otra sin alcantarillado, cuyos porcentajes se definen en base a las encuestas del INEI, que recoge información nacional sobre las formas de eliminar las excretas según área de residencia (urbana y rural). Estos datos se tienen para los años de los censos nacionales y estimaciones para los demás años. En el Gráfico 20 y Gráfico 21, se muestra la distribución a nivel urbano y rural estimados para el año 2021.

**GRÁFICO 20:** FORMAS DE ELIMINACIÓN SANITARIA DE EXCRETAS – URBANO, 2021.



Fuente: Planillas Sector Desechos 5D1 - MINAM

**GRÁFICO 21:** FORMAS DE ELIMINACIÓN SANITARIA DE EXCRETAS – RURAL, 2021.



Fuente: Planillas Sector Desechos 5D1 - MINAM.

Sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas se tiene información actualizada del tipo de tratamiento y condiciones operativas mediante información solicitada a la entidad de la EPS Tacna, pero solo remitieron información del periodo 2022–2023, por lo que, para el año de reporte del inventario 2021, se utilizaron las mismas tecnologías y distribución del 2022. El Cuadro 60, contiene la distribución según tipo de tratamiento reportado.

**CUADRO 60: TIPOS DE TRATAMIENTO Y PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LAS EPS, 2022.**

PRETRATAMIENTO AVANZADO	LAGUNAS FACULTATIVAS	LAGUNAS AIREADAS	LAGUNAS ANAEROBIAS	LODOS ACTIVADOS	TANQUE IMHOFF	FILTRO BIOLÓGICO	ZANJAS DE OXIDACIÓN	TANQUE SEPTICO	OTROS
0.00%	92.24%	7.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- Consumo de proteína

El consumo de proteína per cápita es necesario para la estimación de emisiones de N<sub>2</sub>O. Para contar con dichos datos a nivel nacional, se utilizó la información de la FAO, que detalla el Consumo de proteínas de la dieta (g/persona/día) a nivel nacional, para desglosar esta información a nivel regional, se utilizó el dato de la población, como se muestra en el Cuadro 61.

**CUADRO 61: POBLACIÓN Y CONSUMO DE PROTEÍNA PER CÁPITA.**

AÑO	POBLACIÓN TOTAL	CONSUMO DE PROTEÍNA PER CÁPITA (KG/HAB/AÑO)
2019	384 712	31.317
2020	370 974	31.9375
2021	377 842	31.9375

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

**TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (5D2)**

La subcategoría Tratamiento de aguas residuales industriales considera las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del tratamiento *in situ* de aguas residuales industriales. Sólo produce CH<sub>4</sub> el agua residual que contiene significativas cargas de carbono y que se trata bajo condiciones anaeróbicas, sean éstas previstas o no. En el Cuadro 62, se detalla la categoría, la explicación de la fuente de emisión, el método de cálculo (Nivel) por tipo de gas y el factor de emisión.

**CUADRO 62: FUENTES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O – TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (5D1).**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS DE FUENTES	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN	MÉTODO UTILIZADO	FACTOR DE EMISIÓN
5D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	NA	NA	N1	D	NA	NA

Nota: NA = No Aplica, N1 = Nivel 1, D = por Defecto.

Fuente: MINAM 2021.

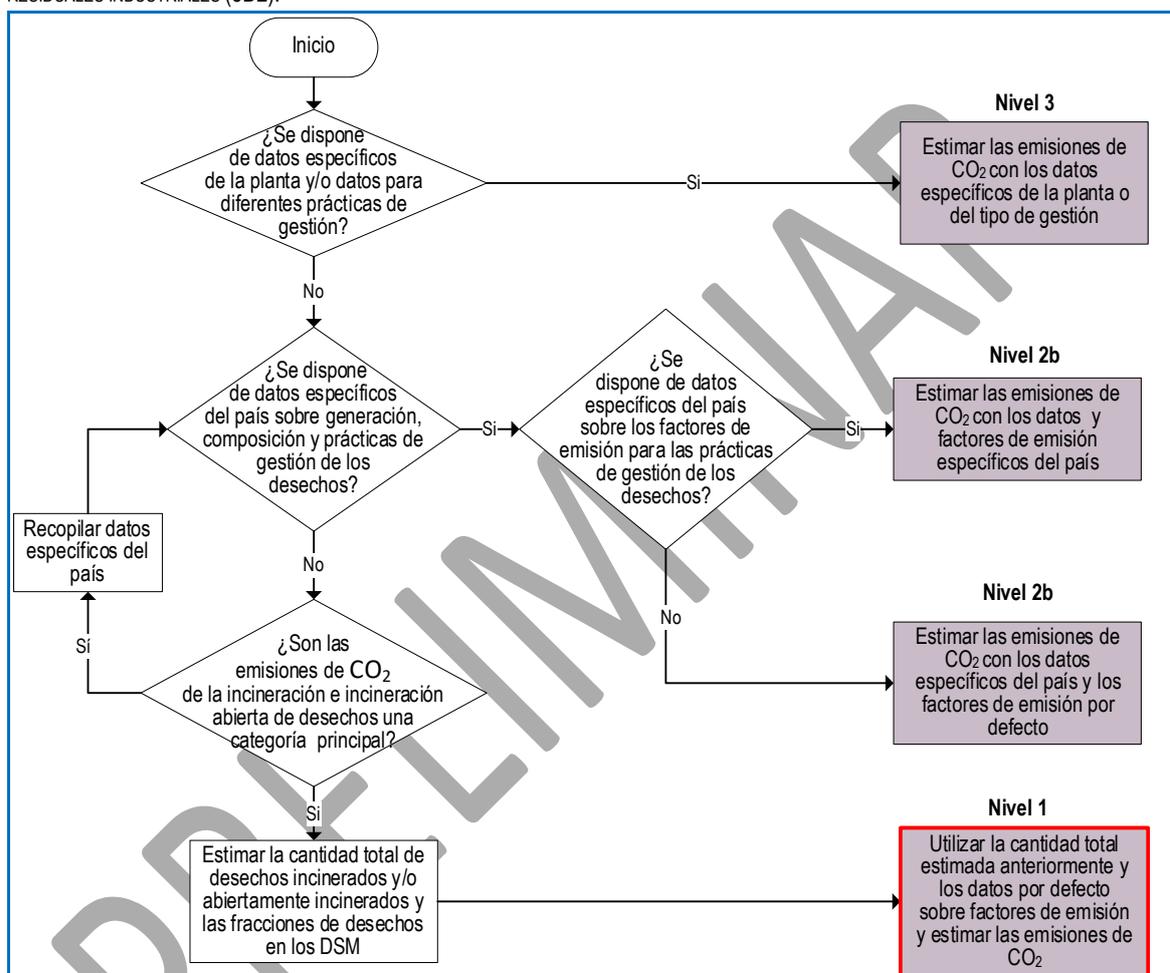
Elaboración: Equipo técnico ERCC.

## Metodología

### Método de cálculo

En la Figura 19, se muestra el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. La selección del método de cálculo se basó en la disponibilidad de datos específicos para esta subcategoría en el contexto local.

**FIGURA 19:** ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (5D2).



Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol. 5.

Elaboración: Equipo Técnico ERCC.

Para el análisis del árbol de decisiones se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A nivel regional no se detalla el tratamiento de aguas residuales industriales para cada industria que permita determinar de forma confiable la generación de efluentes o la carga orgánica de las industrias.
- Las emisiones de esta subcategoría no son consideradas principales.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere utilizar los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> con el método del Nivel 1.

Las estimaciones de la subcategoría se realizaron utilizando las ecuaciones 6.6, 6.5 y 6.4 de las Directrices del IPCC de 2006

- Factores de emisión

Los factores utilizados para el cálculo del factor de emisión son: Bo y el FCM de cada rubro de producción relacionado a su tipo de tratamiento de aguas residuales industriales. Debido a que esta información no se encuentra disponible en la región, se han utilizado los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, como se muestra en el Cuadro 63.

**CUADRO 63: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (5D2).**

CLASIFICACIÓN	FUENTE DE EMISIÓN	FACTORES DE CONVERSIÓN UTILIZADOS	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
5D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	FCM (relación, adimensional), por tipo de tratamiento	D	The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5: Desechos - Pág 6.23 - Cuadro 6.8
		Capacidad máxima de producción de CH <sub>4</sub> - Bo (kg CH <sub>4</sub> /kg DQO)	D	The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5: Desechos - Pág 6.23
		Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Kg DQO/m <sup>3</sup> agua residual), por tipo de industria	D	The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5: Desechos - Pág 6.25 - Cuadro 6.9
		Agua residual generada, por tipo de industria (m <sup>3</sup> /ton de producto)	D	The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5: Desechos - Pág 6.25 - Cuadro 6.9

Nota: D = por Defecto.

Fuente: IRGEI.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

#### Datos de actividad

Para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> en la subcategoría 5D2, se utilizaron datos de actividad a nivel regional provenientes de dos subsectores productivos: MYPE e Industria, y Pesca y Acuicultura. Estos datos se derivan de las estadísticas nacionales recopiladas por el Ministerio de la Producción, sin embargo, la información disgregada a nivel regional se logra aproximando con los VAB de cada sector. La identificación de las industrias principales, siguiendo las recomendaciones de las Directrices del IPCC de 2006, se basó en la información disponible, principalmente el RAGEI 2019.

Es importante destacar que las emisiones de CH<sub>4</sub> estimadas en esta subcategoría corresponden únicamente al tratamiento *in situ* de las aguas residuales industriales. Si los efluentes industriales son descargados en redes domésticas sin tratamiento previo, sus emisiones deben ser consideradas en la subcategoría 5D1.

Aunque es probable que una parte de los efluentes industriales se descargue en el alcantarillado urbano para su tratamiento conjunto con las aguas residuales domésticas, no se dispone de datos precisos sobre esta distribución. Por lo tanto, en el presente documento, se asume que el 100% de las aguas residuales industriales son tratadas *in situ* para la subcategoría 5D2.

Se espera que esta estimación contribuya a mejorar el inventario de emisiones del sector de desechos y que en el futuro se puedan obtener datos más precisos sobre el tratamiento *in situ* de las aguas residuales industriales.

En el Cuadro 64, se presenta la información utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**CUADRO 64: DATOS DE ACTIVIDAD CONSIDERADOS EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO 5D2 – NIVEL 1.**

CATEGORÍA	FUENTE DE EMISIÓN	DEFINICIÓN IPCC	DATO DE ACTIVIDAD IPCC	DATO REGIONAL	FUENTE DE INFORMACIÓN
5D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Las aguas residuales industriales pueden tratarse <i>in situ</i> o evacuarse hacia los sistemas de cloacas o alcantarillados domésticos. Si se evacua hacia el sistema de alcantarillado doméstico, las emisiones deben incluirse en las emisiones de aguas servidas domésticas. Esta sección trata de las estimaciones de las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes del tratamiento <i>in situ</i> de aguas residuales industriales.	Producción industrial (P)	Producción industrial según tipo de industria - sub sector MYPE e Industria	(1) Información de los años 2013 al 2022: Ministerio de la Producción (2023). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2022. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. (Página del 115 al 121). (2) Información del año 2012: Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2021, (Página del 115 al 121) (3) Información del año 2003 al 2011: Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2012, (Página del 81 al 83) (4) Información del año 1992 al 2002: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
			Tipos de tratamiento	Tipos de tratamiento de las aguas residuales industriales previos a su vertimiento al cuerpo de agua natural	(1). Información de los años 2013 al 2022: Ministerio de la Producción (2023). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2022. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. (2). Información del año 2003 al 2012: Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2012, (Páginas 55, 57, 58, 59 y 60) (3) Información del año 1992 al 2002: Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
			IRGEI 5D1 Tipos de tratamiento de las aguas residuales domésticas		
			Ministerio del Ambiente. (2023). RAGEI 5D1 Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas año 2021 - Información de avance a diciembre del 2023.		

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

*Datos de actividad del subsector productivo Industria y PYME*

La fuente de información proviene del Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019, debido a la información limitada a nivel regional. El dato nacional considerado es la producción industrial según tipo de industria del Subsector MYPE e Industria, y la aproximación a nivel regional es mediante el VAB del sector. El dato nacional se convierte a masa dependiendo de la unidad disponible, para luego multiplicarlo por los valores por defecto de generación de efluentes y DQO del IPCC en las Directrices del IPCC de 2006 para obtener el ROT.

*Datos de actividad del subsector productivo pesca y acuicultura*

La fuente de información proviene del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2019, el dato nacional considerado es la producción industrial según tipo de industria del del Subsector Pesca y Acuicultura, y la aproximación a nivel regional es mediante el VAB del sector. El dato nacional se convierte a masa, dependiendo de la unidad disponible, para luego multiplicarlo por los valores por defecto de generación de efluentes y DQO del IPCC en las Directrices del IPCC de 2006 para obtener el ROT. La información sobre procesamiento de recursos hidrobiológicos marítimos y continentales, se muestra a continuación:

- Tipo de tratamiento de aguas residuales industriales

El tratamiento de aguas residuales que reciben los efluentes industriales *in situ* se usa para estimar el contenido orgánico degradable en el agua. Dado que no se cuenta con información detallada sobre los tipos de tratamiento de aguas residuales industriales para cada tipo de industria, se ha utilizado la información sobre los tratamientos de aguas residuales domésticas que se reportan en la subcategoría 5D1. Se asumió las mismas consideraciones reportadas en el RAGEI 5D2, además a nivel nacional se tiene información sobre el tipo de tratamiento de las aguas residuales industriales, como se muestra en el Cuadro 65. Estas solicitudes las realizan ciertas industrias a la ANA para cumplir con la normativa ambiental nacional.

**CUADRO 65:** TIPOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PREVIOS A SU VERTIMIENTO AL CUERPO DE AGUA NATURAL.

RUBRO	TIPO DE TRATAMIENTO DE ACUERDO A ANA
Refinado de alcohol	Se desconoce
Malta y cerveza	Tratamiento biológico
Carnes y Aves	Tratamiento biológico
Hortalizas, frutas y jugos	Se desconoce
Aceites vegetales	Tratamiento biológico
Productos lácteos	Tratamiento biológico
Refinación de azúcar	Se desconoce
Vinos y vinagres	Se desconoce
Pulpa y papel (combinados)	Físico químico
Refinerías de petróleo	Se desconoce
Sustancias químicas orgánicas	Se desconoce
Jabón y detergentes	Se desconoce
Elaboración de pescado	Físico químico

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

- PBI regional

Esta información proviene principalmente del documento Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022, donde se desglosa la información para el departamento, a continuación, en el Cuadro 66, se muestra el Valor Agregado Bruto de manufactura y pesca por años, según departamento.

**CUADRO 66: VALOR AGREGADO BRUTO DE MANUFACTURA Y PESCA - VALORES A PRECIOS CONSTANTES (ESTRUCTURA PORCENTUAL)**

REGIÓN	2019	2020	2021
Manufactura	9.57%	9.27%	9.89%
Pesca	0.06%	0.05%	0.05%

Fuente: MINAM 2021.

Elaboración: Equipo técnico ERCC.

### 3.5.4 RESULTADOS DE EMISIONES

Las emisiones de GEI del Sector Desechos incluye las categorías i) eliminación de desechos sólidos (5A), ii) tratamiento biológico de los desechos sólidos (5B), iii) incineración e incineración abierta de desechos (5C), y iv) tratamiento y eliminación de aguas residuales (5D). En el 2021, las emisiones del Sector fueron 154.92 GgCO<sub>2</sub>eq, que representan el **16.22%** de las emisiones a nivel regional, la principal fuente de emisión es la categoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5D) con 154.92 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 99.96% de las emisiones del Sector, el resto de categorías en su conjunto contribuyen 0.04%. En el Cuadro 67, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por categorías y subcategorías:

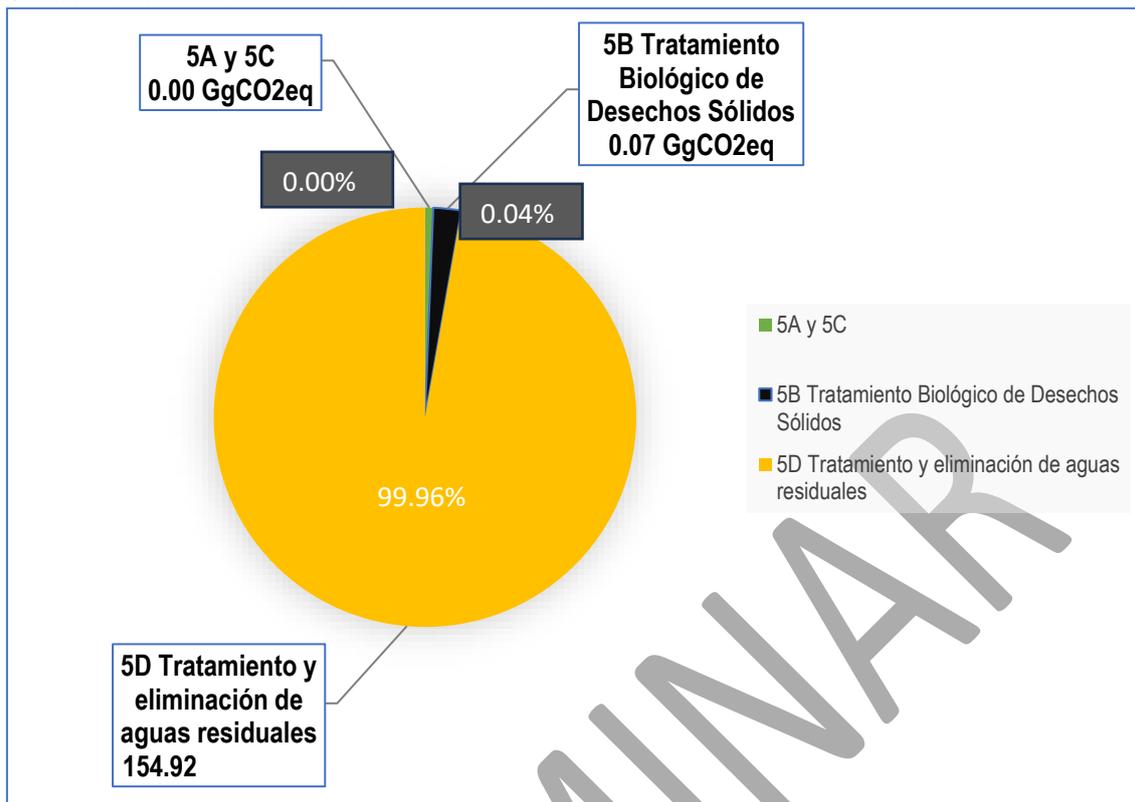
**CUADRO 67: RESULTADOS EMISIONES DEL SECTOR DESECHOS.**

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]
<b>5</b>	<b>Desechos</b>	-	<b>5.34</b>	<b>149.44</b>	<b>0.02</b>	<b>5.55</b>	<b>154.99</b>
5A	Eliminación de Desechos Sólidos	-	-	-	-	-	-
5B	Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos	-	0.00	0.04	0.00	0.02	0.07
	5B1 Compostaje	-	0.00	0.04	0.00	0.02	0.07
	5B2 Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	-	-	-	-	-	-
5C	Incineración y quema a cielo abierto de desechos sólidos	-	-	-	-	-	-
5D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	-	5.34	149.39	0.02	5.53	154.92
	5D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	-	1.47	41.29	0.02	5.53	46.82
	5D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	-	3.86	108.10	-	-	108.10

Fuente: Equipo Técnico ERCC.

En el siguiente Gráfico 22, se muestra la categoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales el cual tiene un aporte de 99.96% siendo la más representativa en el sector Desechos, mientras que Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos representa el 0.04% y el resto de las categorías que son Eliminación de Desechos Sólidos e Incineración e incineración abierta de desechos sólidos representan ambas 0.00%

GRÁFICO 22: RESULTADOS DE EMISIONES DEL SECTOR DESECHOS.



Fuente: Equipo Técnico ERCC.

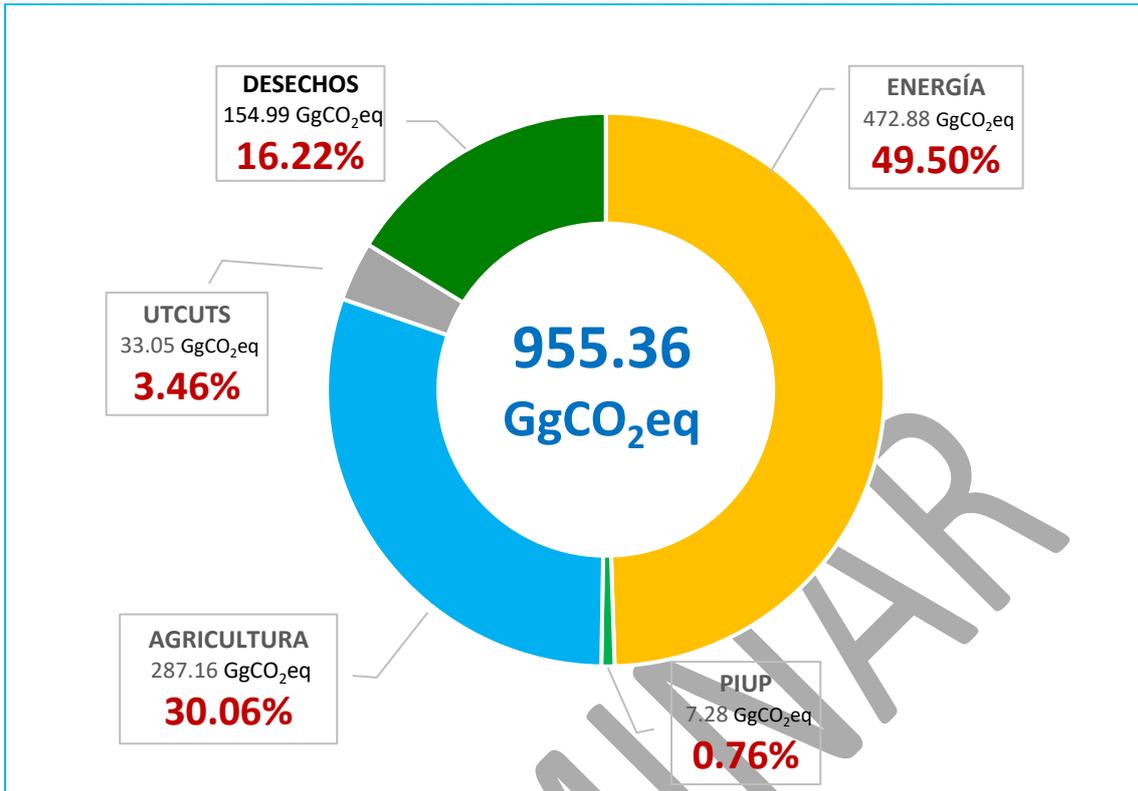
## 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISIS COMPARATIVO

Respecto a la distribución de emisiones netas por sector, se encuentra que el principal emisor es el sector Energía con 472.88 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 49.50% del total de GEI generado en la región. El segundo sector que aporta más emisiones de GEI es Agricultura con 287.16 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 30.06%. El tercer sector que aporta emisiones de GEI es Desechos con 154.99 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 16.22%. Las emisiones restantes las aportan el sector de UTCUTS con 33.05 GgCO<sub>2</sub>eq que representa el 3.46% del total de emisiones, y por último el sector PIUP con 7.28 GgCO<sub>2</sub>eq que representa el 0.76% del total de emisiones.

En el Gráfico 23, se presenta la distribución de emisiones GEI del departamento de Tacna por sectores de reporte.

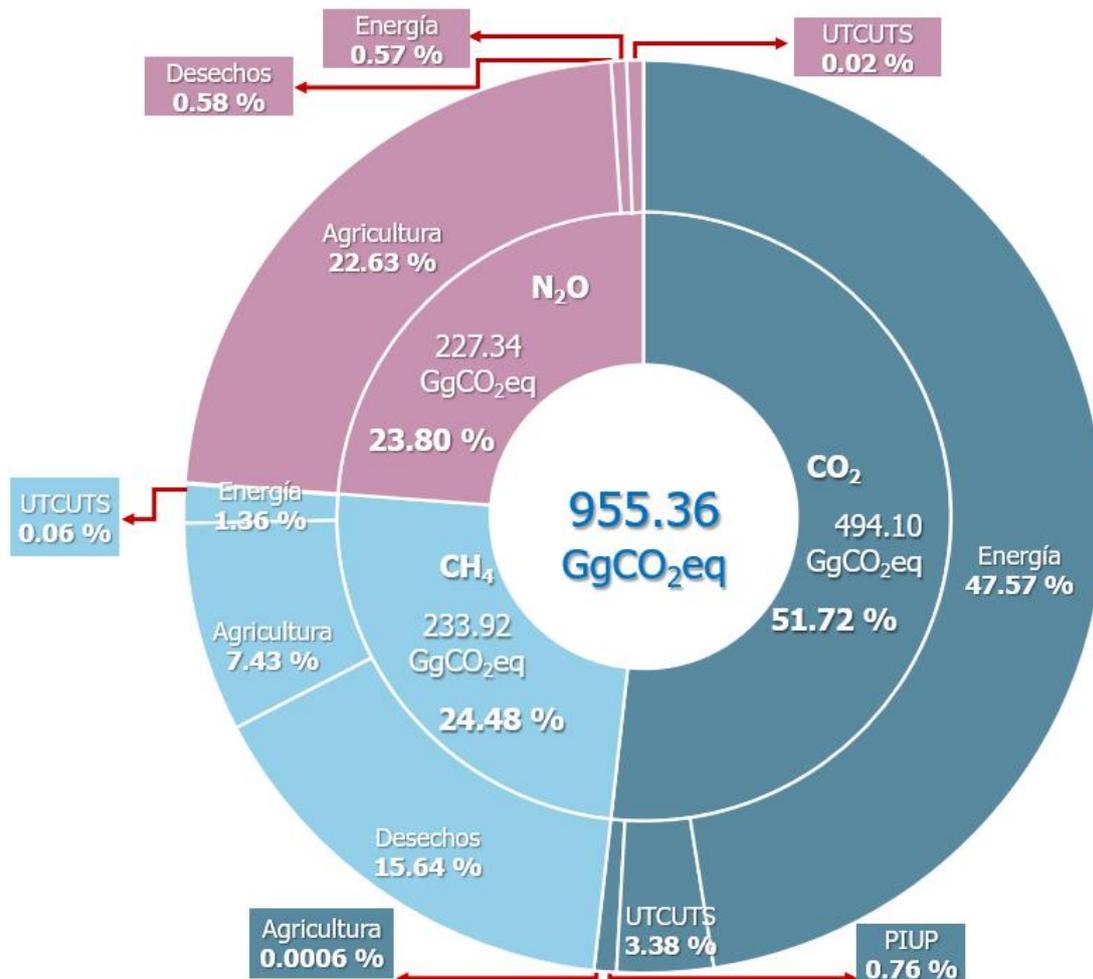
GRÁFICO 23: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES POR SECTORES EN EL 2021 DEL DEPARTAMENTO DE TACNA.



Fuente: Equipo Técnico ERCC.

En el Gráfico 24, se presenta la distribución de emisiones por tipo de GEI, siendo el CO<sub>2</sub> la principal emisión de GEI que tiene un valor de 494.10 GgCO<sub>2</sub>eq aportando el 51.72%, seguida del CH<sub>4</sub> cuyo valor es de 233.92 GgCO<sub>2</sub>eq que representa el 24.49%, y por último el N<sub>2</sub>O que tiene un valor de 227.34 GgCO<sub>2</sub>eq cuyo aporte es del 23.80%.

GRÁFICO 24: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES POR TIPO DE GEI DE LA REGIÓN DE TACNA, 2021.



Fuente: Equipo Técnico ERCC.

## 4.2 CONSOLIDADO DE LOS RESULTADOS

En la Tabla 42, se presentan los resultados del IRGEI 2021 de Tacna en unidades de GgCO<sub>2</sub>eq por categorías y subcategorías sectoriales.

TABLA 42: EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA REGIÓN TACNA, 2021.

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>		Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones de HFC	Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	
<b>1</b>	<b>Energía</b>	<b>454.49</b>	<b>0.46</b>	<b>12.97</b>	<b>0.02</b>	<b>5.43</b>	-	<b>472.88</b>	
<b>1A</b>	<b>Actividades de quema del combustible</b>	<b>454.49</b>	<b>0.46</b>	<b>12.97</b>	<b>0.02</b>	<b>5.43</b>	-	<b>472.88</b>	
<b>1A2</b>	<b>Industrias manufactureras y construcción</b>	<b>111.26</b>	<b>0.01</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.27</b>	-	<b>111.72</b>	
1A2g	Otro	111.26	0.01	0.19	0.00	0.27	-	111.72	
1A2giii	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	91.80	0.00	0.10	0.00	0.18	-	92.08	
1A2gviii	Industria no especificada	19.45	0.00	0.09	0.00	0.09	-	19.64	
<b>1A3</b>	<b>Transporte</b>	<b>291.44</b>	<b>0.10</b>	<b>2.68</b>	<b>0.01</b>	<b>3.88</b>	-	<b>297.99</b>	
1A3a	Aviación civil	0.41	-	-	-	-	-	0.41	
1A3b	Transporte terrestre	291.01	0.10	2.68	0.01	3.88	-	297.57	
1A3bi	Automóviles	65.96	0.04	1.13	0.00	0.53	-	67.62	
1A3bii	Camiones para servicio ligero	94.59	0.02	0.45	0.00	1.21	-	96.25	
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	91.22	0.02	0.46	0.01	1.74	-	93.42	
1A3biv	Motocicletas	39.25	0.02	0.64	0.00	0.40	-	40.29	
1A3c	Aviación civil	-	-	-	-	-	-	-	

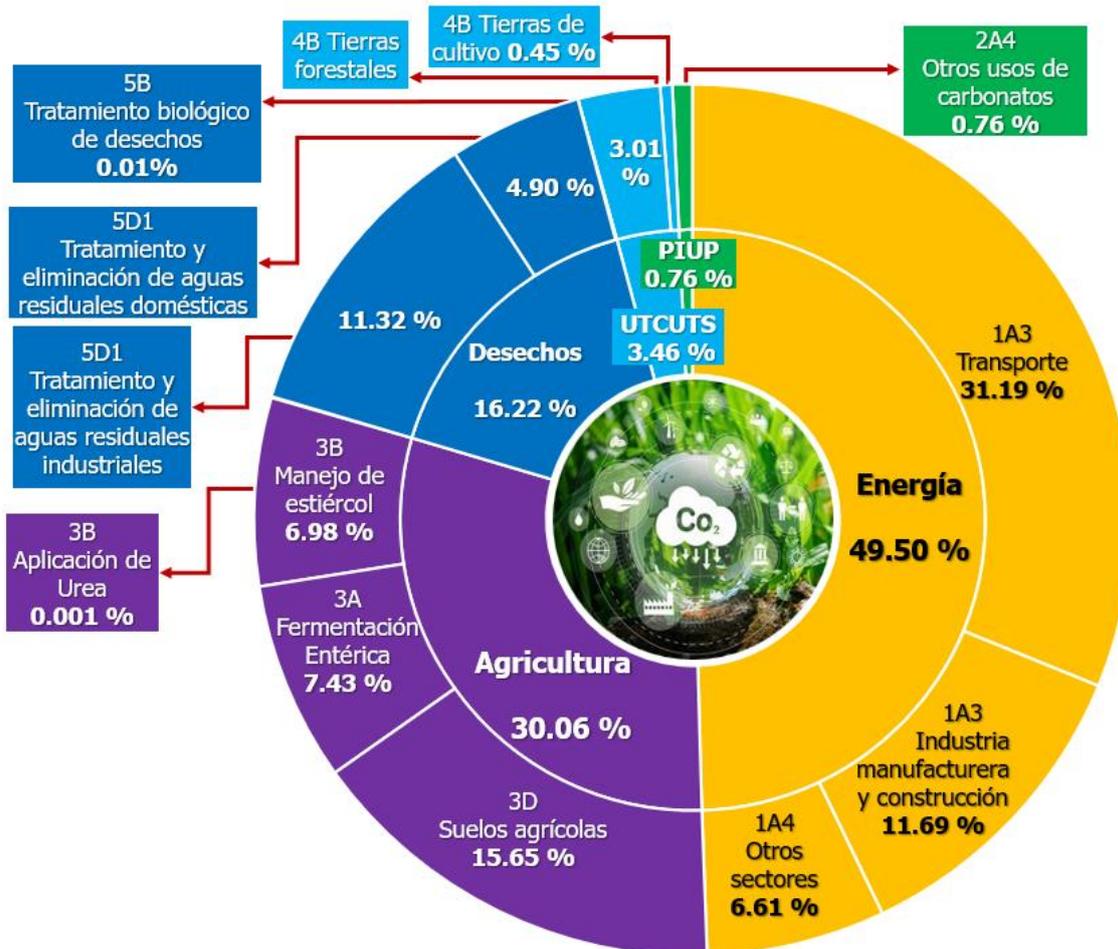
Inventario Regional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2021

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de CO <sub>2</sub>		Emisiones de CH <sub>4</sub>		Emisiones de N <sub>2</sub> O		Emisiones de HFC	Emisiones Totales de GEI
		[Gg]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[Gg]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	[GgCO <sub>2</sub> eq]	
1A3d	Navegación marítima y fluvial	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3e	Otro tipo de transporte	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01
1A3eii	Todo terreno	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.01
<b>1A4</b>	<b>Otros sectores</b>	<b>51.79</b>	<b>0.36</b>	<b>10.10</b>	<b>0.00</b>	<b>1.28</b>	-	-	<b>63.18</b>
1A4a	Comercial/Institucional	10.10	0.01	0.34	0.00	0.05	-	-	10.49
1A4b	Residencial	34.11	0.35	9.72	0.00	1.21	-	-	45.04
1A4c	Agricultura/ silvicultura/ pesca	7.58	0.00	0.05	0.00	0.02	-	-	7.64
<b>2</b>	<b>Procesos Industriales y Uso de Productos</b>	<b>7.28</b>	-	-	-	-	-	-	<b>7.28</b>
<b>2A</b>	<b>Industria de los minerales</b>	<b>7.28</b>	-	-	-	-	-	-	<b>7.28</b>
2A2	Producción de Cal	-	-	-	-	-	-	-	-
2A4	Otros usos de Carbonatos	7.28	-	-	-	-	-	-	7.28
2A4a	Cerámicas (ladrillos)	7.28	-	-	-	-	-	-	7.28
<b>3</b>	<b>Agricultura</b>	<b>0.01</b>	<b>2.53</b>	<b>70.95</b>	<b>0.82</b>	<b>216.20</b>	-	-	<b>287.16</b>
<b>3A</b>	<b>Fermentación entérica</b>	-	<b>2.53</b>	<b>70.95</b>	-	-	-	-	<b>70.95</b>
3A1	Ganado	-	1.38	38.70	-	-	-	-	38.70
3A1a	Ganado vacuno lechero	-	0.62	17.42	-	-	-	-	17.42
3A1b	Ganado no lechero	-	0.76	21.29	-	-	-	-	21.29
3A2	Ovino	-	0.18	5.03	-	-	-	-	5.03
3A3	Porcinos	-	0.01	0.31	-	-	-	-	0.31
3A4	Otro ganado vacuno	-	0.96	26.91	-	-	-	-	26.91
3A4d	Caprino	-	0.09	2.39	-	-	-	-	2.39
3A4e	Caballos	-	0.01	0.39	-	-	-	-	0.39
3A4f	Mulas y asnos	-	0.02	0.49	-	-	-	-	0.49
3A4h	Otros (llamas y alpacas)	-	0.84	23.64	-	-	-	-	23.64
<b>3B</b>	<b>Manejo de estiércol</b>	-	-	-	<b>0.25</b>	<b>66.68</b>	-	-	<b>66.68</b>
3B1	Ganado	-	-	-	0.00	0.64	-	-	0.64
3B1a	Ganado vacuno lechero	-	-	-	0.00	0.43	-	-	0.43
3B1b	Ganado no lechero	-	-	-	0.00	0.20	-	-	0.20
3B2	Ovino	-	-	-	-	-	-	-	-
3B3	Porcinos	-	-	-	0.00	0.60	-	-	0.60
3B4	Otro ganado vacuno	-	-	-	0.06	14.87	-	-	14.87
3B4g	Aves de corral	-	-	-	0.05	11.99	-	-	11.99
3B4h	Otros (especifique)	-	-	-	0.01	2.88	-	-	2.88
3B4hi	Llama y alpaca	-	-	-	0.01	2.88	-	-	2.88
3B5	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por manejo del estiércol	-	-	-	0.19	50.58	-	-	50.58
<b>3C</b>	<b>Cultivo de arroz</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>3D</b>	<b>Suelos agrícolas</b>	-	-	-	<b>0.56</b>	<b>149.52</b>	-	-	<b>149.52</b>
3D1	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	-	-	-	0.39	103.78	-	-	103.78
3D2	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	-	-	-	0.17	45.73	-	-	45.73
<b>3H</b>	<b>Aplicación de urea</b>	<b>0.01</b>	-	-	-	-	-	-	<b>0.01</b>
<b>4</b>	<b>Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura</b>	<b>32.32</b>	<b>0.02</b>	<b>0.57</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	-	-	<b>33.05</b>
<b>4A</b>	<b>Tierras forestales</b>	<b>28.06</b>	<b>0.02</b>	<b>0.57</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	-	-	<b>28.78</b>
4A1	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	28.06	0.02	0.57	0.00	0.16	-	-	28.78
<b>4B</b>	<b>Tierras de cultivo</b>	<b>4.27</b>	-	-	-	-	-	-	<b>4.27</b>
4B1	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	4.27	-	-	-	-	-	-	4.27
<b>5</b>	<b>Desechos</b>	-	<b>5.34</b>	<b>149.44</b>	<b>0.02</b>	<b>5.55</b>	-	-	<b>154.99</b>
<b>5B</b>	<b>Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos</b>	-	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	-	-	<b>0.07</b>
5B1	Compostaje	-	0.00	0.04	0.00	0.02	-	-	0.07
<b>5D</b>	<b>Tratamiento y eliminación de aguas residuales</b>	-	<b>5.34</b>	<b>149.39</b>	<b>0.02</b>	<b>5.53</b>	-	-	<b>154.92</b>
5D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	-	1.47	41.29	0.02	5.53	-	-	46.82
5D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	-	3.86	108.10	-	-	-	-	108.10
<b>Total</b>		<b>494.10</b>		<b>233.92</b>		<b>227.34</b>			<b>955.36</b>

Fuente: Equipo Técnico ERCC.

En el Gráfico 25, se presenta la distribución de emisiones de GEI por sectores y fuentes de emisión principales en la región de Tacna para el año 2021.

GRÁFICO 25: DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES GEI POR SECTOR Y FUENTES DE EMISIÓN PRINCIPALES, AÑO 2021.



Fuente: Equipo Técnico ERCC.

#### 4.3 ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES

El análisis de las categorías principales del IRGEI de Tacna, se realizó aplicando el método “evaluación de nivel” establecido por las Directrices IPCC 2006, el cual ha permitido identificar veinte (19) categorías principales, diez (09) de las cuales corresponden al sector Energía, siete (07) del sector Agricultura, dos (02) del sector Desechos y uno (01) del sector UTCUTS.

Las categorías de mayor aporte correspondiente a las emisiones de CO<sub>2</sub> son: Camiones para servicio ligero con el 9.90%, Minería y cantería con el 9.61%, Camiones para servicio pesado y autobuses con el 9.55%, Automóviles con el 6.90%, Motocicletas con el 4.11%, Residencial con el 3.57%, las cuales corresponden al sector Energía, asimismo, se identificaron como principal a la categoría de Tierras forestales que permanecen como tierras forestales con el 2.94% que corresponde al sector UTCUTS.

Respecto a las categorías identificadas como principales para las emisiones de CH<sub>4</sub>, se identificaron las siguientes: Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales con el 11.32%, Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas con el 4.32% que corresponden al sector Desechos.

En lo referido a las categorías identificadas como principales para las emisiones de N<sub>2</sub>O, se identificaron a las Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados con el 10.86%, las Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol con el 5.29% y Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados 4.79% que corresponden a la categoría de Agricultura.

La siguiente tabla se presenta las categorías principales identificadas en la evaluación de nivel del IRGEI 2021 de Tacna.

TABLA 43. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES DE LA REGIÓN DE TACNA, 2021.

Código IPCC	Categorías IPCC	GEI	Estimación del último año	Estimación del último año	Valor absoluto de la estimación del último año	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			(Ex,2021) [GgGEI]	(Ex,2021) [GgCO <sub>2</sub> eq]	[Ex, 2021]	[Lx, 2021]	[%]
5D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH <sub>4</sub>	3.86	108.10	108.10	0.1132	11.32
3D1	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	NO <sub>2</sub>	0.39	103.78	103.78	0.1086	22.18
1A3bii	Camiones para servicio ligero	CO <sub>2</sub>	94.59	94.59	94.59	0.0990	32.08
1A2giii	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	CO <sub>2</sub>	91.80	91.80	91.80	0.0961	41.69
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	CO <sub>2</sub>	91.22	91.22	91.22	0.0955	51.24
1A3bi	Automóviles	CO <sub>2</sub>	65.96	65.96	65.96	0.0690	58.14
3B5	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por manejo del estiércol	NO <sub>2</sub>	0.19	50.58	50.58	0.0529	63.44
3D2	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados	NO <sub>2</sub>	0.17	45.73	45.73	0.0479	68.22
5D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH <sub>4</sub>	1.47	41.29	41.29	0.0432	72.54
1A3biv	Motocicletas	CO <sub>2</sub>	39.25	39.25	39.25	0.0411	76.65
1A4b	Residencial	CO <sub>2</sub>	34.11	34.11	34.11	0.0357	80.22
4A1	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	CO <sub>2</sub>	28.06	28.06	28.06	0.0294	83.16
3A4h	Otros (llamas y alpacas)	CH <sub>4</sub>	0.84	23.64	23.64	0.0247	85.63
3A1b	Ganado no lechero	CH <sub>4</sub>	0.76	21.29	21.29	0.0223	87.86
1A2gviii	Industria no especificada	CO <sub>2</sub>	19.45	19.45	19.45	0.0204	89.90
3A1a	Ganado vacuno lechero	CH <sub>4</sub>	0.62	17.42	17.42	0.0182	91.72
3B4g	Aves de corral	NO <sub>2</sub>	0.05	11.99	11.99	0.0125	92.98
1A4a	Comercial/Institucional	CO <sub>2</sub>	10.10	10.10	10.10	0.0106	94.03
1A4b	Residencial	CH <sub>4</sub>	0.35	9.72	9.72	0.0102	95.05

Fuente: Equipo Técnico ERCC.

## 6. CONCLUSIONES

- El Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero (IRGEI) de Tacna es un logro importante, al ser el primer inventario detallado que cuantifica las emisiones y remociones de GEI en los sectores clave de la región. Este esfuerzo contribuirá a mejorar la gestión ambiental y climática de Tacna, proporcionando información valiosa para tomar decisiones informadas en cuanto a las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático.
- El inventario ha dejado claro que los sectores de Energía y Agricultura son los principales emisores de GEI en Tacna, representando más del 79.56% de las emisiones totales. Esto resalta la urgencia de implementar medidas específicas para reducir las emisiones en estos sectores, como la eficiencia energética en el transporte y prácticas agrícolas más sostenibles.
- El sector Desechos, responsable del 16.22% de las emisiones, requiere un manejo más eficiente, especialmente en el tratamiento de aguas residuales industriales, que es la principal fuente de emisiones en este sector.
- El sector de Desechos, que representa el 16.22% de las emisiones, se destaca como una fuente importante especialmente debido al manejo de aguas residuales industriales, que es su principal contribuyente. Es fundamental mejorar la gestión tanto de los residuos sólidos como líquidos, optimizando los sistemas de tratamiento y fomentando el uso de tecnologías más limpias, lo que ayudará a reducir significativamente estas emisiones.
- A pesar de que las emisiones del sector UTCUTS son menores en comparación con otros sectores, su capacidad para absorber carbono es crucial para la captura de CO<sub>2</sub> y para mantener el equilibrio ecológico en la región. Es importante continuar supervisando y gestionando el uso de las tierras forestales, ya que desempeñan un rol esencial en el respaldo de las estrategias de mitigación del cambio climático.
- Este primer inventario no solo representa el inicio de un proceso para mejorar continuamente la forma en que se recogen los datos y se calculan las emisiones, sino que también se convierte en una herramienta clave para seguir de cerca el impacto de las políticas climáticas que se están aplicando en la región. Es crucial fortalecer las capacidades técnicas locales y mejorar los sistemas de recopilación de datos para futuros inventarios, lo que ayudará a asegurar la sostenibilidad de las políticas de mitigación y adaptación. Con actualizaciones regulares, será posible monitorear el avance en la reducción de emisiones y ajustar las estrategias a medida que surjan nuevos datos y se desarrollen avances tecnológicos.

## 7. RECOMENDACIONES

- Es fundamental continuar capacitando al equipo técnico regional en el uso de herramientas y metodologías del IPCC, a fin de mejorar la precisión de los futuros inventarios, asimismo, esto asegurará que Tacna pueda contar con inventarios actualizados y de calidad, que sean útiles para guiar las decisiones políticas y climáticas.
- Es necesario mejorar los mecanismos de recolección de información, ya que la calidad de los datos es esencial para hacer un análisis preciso de las emisiones, esto debe aplicarse especialmente en los sectores de Energía y Agricultura, que generan gran parte de las emisiones en la región. Además, se deben fortalecer los vínculos con entidades regionales y asegurar un flujo constante de datos es clave para futuros inventarios.
- Se recomienda incluir los humedales de Ite en los próximos inventarios de GEI. Estos ecosistemas tienen un gran potencial para la captura de carbono y al monitorearlos de manera continua, podríamos obtener una visión más completa de los sumideros de CO<sub>2</sub> en la región de Tacna.
- Basándose en los resultados del inventario, se deben implementar acciones concretas para los sectores de Energía y Agricultura, como fomentar el uso de energías renovables y prácticas agrícolas sostenibles. La transición hacia un transporte más eficiente y menos contaminante también debería ser una prioridad en el plan de mitigación regional.
- El manejo de desechos es una fuente importante de emisiones que necesita ser mejorada. Es necesario promover la modernización de los sistemas de tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales, especialmente en el sector industrial, para reducir las emisiones de metano y otros gases contaminantes.
- Se recomienda mantener un monitoreo constante del Uso de la Tierra y Silvicultura, y promover políticas y compromisos que favorezcan la reforestación y conservación de áreas forestales. Estos sumideros de carbono son cruciales para equilibrar las emisiones regionales y deben ser una parte central de la estrategia climática de Tacna.
- Para asegurar el éxito en la implementación de las estrategias climáticas, es esencial seguir fomentando la colaboración entre el Gobierno Regional de Tacna, el MINAM, y otras entidades. También se debe integrar a las universidades y centros de investigación, que pueden aportar valiosos conocimientos y tecnologías para mejorar los inventarios y la gestión climática.
- Finalmente, es fundamental que el inventario de GEI de Tacna sea actualizado de manera regular, para reflejar los cambios en las emisiones y remociones, a fin de realizar un seguimiento más preciso y garantizar que las políticas regionales sigan alineadas con los objetivos nacionales e internacionales en materia de cambio climático.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bohorquez Pérez, D. F. (2017). *EL TURISMO ORNITOLÓGICO EN LOS HUMEDALES DEL DISTRITO DE ITE COMO MECANISMO DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL DE SUS POBLADORES, EN EL AÑO 2016*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Churata, A., & Chambilla, W. A. (2019). historia de la contaminación de la bahía de Ite por la empresa minera Southern Perú. *La Vida & la Historia*, 70-79.
- DEA. (2021). *CÉDULA DE ESTADÍSTICAS DE PRODUCCION AGRICOLA DE LA REGION TACNA*. Tacna: Dirección Regional de Agricultura - Tacna.
- DEA. (2022). *Anuario estadístico agrícola 2022*. Tacna: Dirección Regional de Agricultura - Tacna.
- DEA. (2022). *SERIE DE ESTADÍSTICAS DE PRODUCCION AGRICOLA DE LA REGION TACNA 2012-2021*. Tacna: DRAT.
- El Peruano. (19 de Diciembre de 2014). Aprueban disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO). págs. 540343-540346.
- Gobierno Regional de Tacna. (2021). *Diagnóstico integrado del territorio*. Tacna: GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y GESTION AMBIENTAL.
- Gobierno Regional de Tacna. (2021). *Estudio Especializado de Servicios Ecosistémicos*. Tacna: Region Tacna.
- Gobierno Regional de Tacna. (2021). *Estudio Especializado para el Cambio de cobertura y uso de la tierra*. Tacna: Región Tacna.
- Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 139-147.
- INEI. (2022). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INEI. (2022). *Perú: Proyecciones de Población Total según Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2022*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INEI. (2023). *Perú, Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2022*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5634069/4990523-producto-bruto-interno-por-departamentos-2007-2022%282%29.pdf?v=1706036677>
- INEI. (2023). *V Censo Nacional Económico 2022. Censo Nacional de Establecimientos*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5942921/4961312-tacna-principales-caracteristicas-de-los-establecimientos-censados.pdf?v=1709073371>
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES).
- MINAM. (2021). *Lineamientos metodológicos para la formulación y actualización de las ERCC*. Lima: Dirección General de Cambio Climático y Desertificación.
- MINAM. (2022). *Pautas para la elaboración de inventarios regionales de gases de efecto invernadero*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2023). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura del año 2019*. Lima: Ministerio del Ambiente.

- MINEM. (2021). *Anuario Minero 2021*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3282284/Anuario2021.pdf.pdf?v=1666789635>
- Ministerio de Producción. (2021). *Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2021*. Obtenido de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1063-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2021>
- MTPE. (2022). *Estudio de la Dinámica Económico Laboral Actual y Tendencia en Tacna*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4043174/Diagn%C3%B3stico%20de%20Tacna.pdf>
- RAMSAR. (2019). *Los humedales: la clave para hacer frente al cambio climático*. Convención sobre los Humedales.
- SERFOR. (2020). *INFORME DE LA ECOZONA COSTA DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE - 1 y 2 PANEL*. Lima: MINAGRI.
- SERFOR. (2020). *INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
- SERFOR. (2021). *Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2021*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
- SERFOR. (2024). *Reporte de Áreas afectadas (cicatrices) de incendios forestales*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
- SPPC. (2017). Obtenido de <http://www.southernperu.com/ESP/relinv/2017/AnnualReport/m2017esp.pdf>

PRELIMINAR