



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DEL SECTOR ENERGÍA, BALANCE ESTATAL DE
ENERGÍA Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN**

PRESENTA:

ING. IND. GEORGINA OLIVO MENCHACA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. PEDRO MEDELLÍN MILÁN

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ ANTONIO ÁVALOS LOZANO

ASESORA:

M.C. LUZ MARÍA NIETO CARAVEO

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

2010-2013

AGENDA AMBIENTAL

CON FINANCIAMIENTO DE:

SEMARNAT-CONACYT CONVENIO No. 108120

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

**PROGRAMA DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL
ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-
TESIS**

Becario No. 191563

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A
TRAVÉS**

**DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD
(PNPC)**

DEDICATORIA

A Dios, y a mi familia a quienes amo con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir esta experiencia.

A mi Comité Académico Dr. Pedro Medellín, Dr. Toño Avalos, M.C. Lucy Nieto y Dr. Marcos Algara por compartirme su experiencia y conocimiento, en especial al Dr. Toño Avalos por su gran paciencia, apoyo y consejos.

A mi Madre Rosa María Menchaca que con su fortaleza siempre me impulsa para seguir adelante.

A mi padre Fernando Olivo, por que las experiencias que hemos vivido me han ayudado a ser mejor,

A mi pequeña Adelaida, por darme su amor y acompañarme en este proceso, además de ser el motor de mi vida.

A mis hermanos Cris, Dany e Ivan a quienes quiero con todo mi corazón y siempre me inspiran para ser mejor.

A mis pequeños sobrinos Edgar, Cesar, Mary Pepina, Gael y Luciel, porque me han regalado su sonrisa y en momentos difíciles siempre me hacen feliz.

Gracias Mayte Gutiérrez, por tus compañía, conocimiento y sobre todo por tus consejos.

A todo el equipo de trabajo del Dr. Toño Avalos, porque me ayudaron en innumerables ocasiones, gracias Chuy, Carlos Abrego, Yoshi, Gustavo, Perlita, Blanquita, Rebeca, Felipe.

A todo el personal administrativo de la agenda ambiental, quienes siempre me regalaron su tiempo y su buena vibra, gracias Araceli, Maricela, Lorena, Laura, Marú, Farah, Doña Mago.

A todos ustedes mil gracias.

Tabla de contenido

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3 HIPÓTESIS	10
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	11
2.1 BALANCE DE ENERGÍA.....	11
2.2 INVENTARIO DE EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) Y LOS ELEMENTOS QUE LO CONFORMAN	12
2.2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI), FORZAMIENTO RADIATIVO Y POTENCIAL DE CALENTAMIENTO.....	13
2.2.3 FACTOR DE EMISIÓN	15
2.2.4 BUENAS PRÁCTICAS, CONTROL DE CALIDAD Y GARANTÍA DE CALIDAD	16
2.2.5 ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE.....	17
2.4 INVENTARIO DE FUENTES MÓVILES	18
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL BEE E IEEGEI SECTOR ENERGÍA	20
3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD	21
3.1.1 FASE 1, NIVEL REFERENCIAL	23
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	24
GAS NATURAL	24
GASOLINA Y DIÉSEL.....	25
COMBUSTÓLEO LIGERO Y PESADO.....	26
BAGAZO DE CAÑA.....	26
COQUE DE PETRÓLEO	26
CONSUMO DE LEÑA.....	27

TURBOSINA	29
3.1.2 FASE 2, NIVEL SECTORIAL (CATEGORÍAS DE FUENTE).....	30
3.1.3 FASE 3, NIVEL MUNICIPAL.....	31
3.1.4 DATOS DE ACTIVIDAD DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	32
3.2 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	33
3.3 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN.....	35
3.4 CÁLCULO DE EMISIONES.....	36
3.5 FUENTES MÓVILES Y MOBILE6.....	36
3.6 TENDENCIAS EN LAS EMISIONES DE GEI.....	41
3.7 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE	42
3.7.1 INCERTIDUMBRE EN LOS FACTORES DE EMISIÓN	45
3.7.2 INCERTIDUMBRE EN LOS DATOS DE ACTIVIDAD.....	46
3.8 PLAN DE GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD (GC/CC).....	48
3.9 DOCUMENTACIÓN INTERNA Y ARCHIVO.....	52
 CAPÍTULO 4: BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA DE SAN LUIS POTOSÍ	
2000-2006	54
4.1 DEMANDA ENERGÉTICA DE LA GASOLINA.....	58
4.3 DEMANDA ENERGÉTICA DEL COMBUSTÓLEO LIGERO Y PESADO	60
4.4 DEMANDA ENERGÉTICA DEL COQUE DE PETRÓLEO	62
4.5 DEMANDA ENERGÉTICA DEL DIÉSEL	64
4.6 DEMANDA ENERGÉTICA DE LEÑA	66
4.7 DEMANDA ENERGÉTICA DE GAS LP.....	67
4.8 DEMANDA ENERGÉTICA DE GAS NATURAL.....	69
4.9 CONSUMO DE ELECTRICIDAD	71
 CAPÍTULO 5: INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GEI SECTOR	
ENERGÍA 2000-2006.....	83
5.1 EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO CO ₂	83
5.2 EMISIONES DE METANO CH ₄	85
5.3 EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO N ₂ O	85
5.4 EMISIONES DE GEI SECTOR DOMÉSTICO	86

5.5	EMISIONES DE GEI SECTOR COMERCIO.....	88
5.6	EMISIONES DE GEI SECTOR AGRICULTURA	89
5.7	EMISIONES DE GEI SECTOR TRANSPORTE.....	91
5.8	EMISIONES DE GEI SECTOR GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	92
5.9	EMISIONES DE GEI SECTOR INDUSTRIA	95
5.10	FACTORES DE EMISIÓN GENERADOS POR MOBILE6.....	98
5.11	INCERTIDUMBRE OBTENIDA EN EL IEEGEI CATEGORÍA ENERGÍA.....	102
	MITIGACIÓN DE GEI SECTOR ENERGÍA	103
	CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN	109
	CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES	120
	ANEXOS.....	124
	REFERENCIAS.....	129

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1. DATOS REQUERIDOS PARA EL CÁLCULO DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD DEL CONSUMO DE LEÑA EN EL SECTOR DOMÉSTICO	29
CUADRO 2. MUNICIPIOS DE SAN LUIS POTOSÍ QUE CONCENTRAN EL SETENTA Y CINCO POR CIENTO DE LA FLOTA VEHICULAR DEL ESTADO.....	38
CUADRO 3. CLASIFICACIÓN VEHICULAR MOBILE6.....	40
CUADRO 4. CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.....	43
CUADRO 5. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE POR DEFECTO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE LAS FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN.	45
CUADRO 6. INCERTIDUMBRE EN LOS FACTORES DE EMISIÓN.	46
CUADRO 7. GRADO DE INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LOS DATOS DE ACTIVIDAD DE LAS FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN.....	46
CUADRO 8. INCERTIDUMBRE EN LOS DATOS DE ACTIVIDAD, OBTENIDA MEDIANTE DICTAMEN DE EXPERTOS Y UTILIZADA EN EL IEEGEI SECTOR ENERGÍA 2000-2006.	48
CUADRO 9. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CC DE NIVEL 1 PARA LOS INVENTARIOS. .	49

CUADRO 10. PROCEDIMIENTO GENERAL DE CONTROL DE CALIDAD PARA EL IEEGEI DE SLP SECTOR ENERGÍA 2000-2006.....	51
CUADRO 11. DEMANDA ENERGÉTICA POR TIPO DE COMBUSTIBLE Y CATEGORÍA DE FUENTE PARA EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ DURANTE EL PERIODO 2000-2006, (PETA JOULES PJ).....	56
CUADRO 12. INGRESO DE ENERGÍA (PETA JULIOS PJ) POR CONSUMO DE GASOLINA MAGNA Y PREMIUM, 2000-2006.....	58
CUADRO 13. INGRESO DE ENERGÍA POR CONSUMO DE DIESEL EN EL PERÍODO 2000-2006	64
CUADRO 14. RELACIÓN ENTRE LA OFERTA Y LA DEMANDA GENERADA EN EL ESTADO DURANTE EL PERIODO 2000-2006	72
CUADRO 15. EMISIONES GENERADAS POR TIPO DE GEI DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	83
CUADRO 16. EMISIONES GENERADAS POR BIÓXIDO DE CARBONO, CO ₂ , DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	84
CUADRO 17. EMISIONES GENERADAS POR METANO CH ₄ DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	85
CUADRO 18. EMISIONES GENERADAS POR ÓXIDO NITROSO N ₂ O DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGA GRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	86
CUADRO 19. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN EL SECTOR DOMÉSTICO DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGA GRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES)	86
CUADRO 20. GIGAGRAMOS DE CO ₂ E GENERADOS POR TIPO DE COMBUSTIBLE POR CONSUMO DE UN PETA JULIO.	88
CUADRO 21. EMISIONES DE GEI GENERADAS POR TIPO DE COMBUSTIBLE EN LA SUBCATEGORÍA COMERCIO DURANTE EL PERIODO 2000-2006, (GIGA GRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	88
CUADRO 22. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA SUBCATEGORÍA AGRÍCOLA DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGA GRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	89
CUADRO 23. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA SUBCATEGORÍA DEL TRANSPORTE DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGA GRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	91

CUADRO 24. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA SUBCATEGORÍA DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DE USO PRIVADO DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	93
CUADRO 25. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA SUBCATEGORÍA DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DE USO PÚBLICO DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ E)	93
CUADRO 26. EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA SUBCATEGORÍA INDUSTRIA DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES).....	95
CUADRO 27. EMISIONES DE GEI GENERADAS POR SECTOR INDUSTRIAL DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES)	97
CUADRO 28. EMISIONES DE GEI GENERADAS POR SECTOR INDUSTRIAL Y POR TIPO DE COMBUSTIBLE DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (GIGAGRAMOS DE CO ₂ EQUIVALENTES)	98
CUADRO 29. DISTRIBUCIÓN VEHICULAR POR TIPO DE COMBUSTIBLE Y POR MUNICIPIO DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	99
CUADRO 30. DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE VEHICULAR POR MUNICIPIO DURANTE EL PERIODO 2000-2006, TOMANDO COMO REFERENCIA LA CLASIFICACIÓN PARA MOBILE6....	100
CUADRO 31. CORRIDAS MOBILE6 PARA LAS CUATRO REGIONES DE SAN LUIS POTOSÍ DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	100
CUADRO 32. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO POR TIPO DE METODOLOGÍA (GIGAGRAMOS).....	101
CUADRO 33. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE PARA LOS AÑOS DE LA SERIE DE TIEMPO 2000-2006 (PORCENTAJE).....	102
CUADRO 34. CONTRIBUCIÓN AL TOTAL DE EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE, 2000-2006 (GG DE CO ₂ E).....	103
CUADRO 35. CONTRIBUCIÓN AL TOTAL DE EMISIONES POR SUBCATEGORÍA Y TIPO DE COMBUSTIBLE, 2000-2006 (GG DE CO ₂ E).....	104
CUADRO 36. POSIBILIDAD DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI EN GG DE CO ₂ E POR PETAJULIO (PJ) CONSUMIDO.	105
CUADRO 37. CORRELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE GEI GENERADAS, DEMANDA ENERGÉTICA Y PIB ESTATALES 2000-2006.	114

CUADRO 38. TABLA COMPARATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO Y GENERACIÓN DE EMISIONES DE GEI.....	119
FIGURA 1. VARIACIONES DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA DURANTE LOS ÚLTIMOS 140 AÑOS.....	5
FIGURA 2. SECTOR ENERGÍA Y LAS CATEGORÍAS DE FUENTE QUE LO INTEGRAN.	13
FIGURA 3. METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN DEL BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA E IEEGEI SECTOR ENERGÍA.....	21
FIGURA 4. METODOLOGÍA DESARROLLADA DURANTE LA RECOPIACIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD.	23
FIGURA 5. ÁRBOL DE DECISIONES PARA SELECCIONAR EL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂ PROCEDENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN.	34
FIGURA 6. JERARQUIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI. ...	35
FIGURA 7. RELACIÓN DE CONSUMO ENTRE CATEGORÍAS DE FUENTE Y COMBUSTIBLES FÓSILES.	55
FIGURA 8. DEMANDA ENERGÉTICA POR CATEGORÍA DE FUENTE PARA EL PERIODO 2000-2006.	57
FIGURA 9. DEMANDA ENERGÉTICA POR TIPO DE COMBUSTIBLE DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	57
FIGURA 10. INGRESO DE GASOLINA POR REGIÓN (PJ/AÑO).....	59
FIGURA 11. PRODUCCIÓN DE BAGAZO DE CAÑA POR REGIÓN EN TONELADAS POR DÍA...	60
FIGURA 12. CONSUMO DE COMBUSTÓLEO POR CATEGORÍA DE FUENTE EN MBD.....	61
FIGURA 13. CONSUMO DE COMBUSTÓLEO LIGERO Y PESADO EN LA INDUSTRIA.	62
FIGURA 14. CONSUMO DE COQUE DE PETRÓLEO POR SECTOR EN MBD.	64
FIGURA 15. CONSUMO DE DIESEL POR CATEGORÍA DE FUENTE DURANTE EL PERIODO 2000-2006 (PETA JULIOS PJ).....	65
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE VEHICULAR A DIESEL POR MUNICIPIO	65
FIGURA 17. PORCENTAJE DE CONSUMO DE DIESEL POR SECTOR INDUSTRIAL DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	66
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DE GAS LP AL CONSUMIDOR.	67

FIGURA 19. CONSUMO DE GAS LP POR CATEGORÍA DE FUENTE DURANTE EL PERIODO 2000-2006.....	68
FIGURA 20. PORCENTAJE DE CONSUMO DE GAS LP POR SECTOR INDUSTRIAL DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	69
FIGURA 21. CONSUMO DE GAS NATURAL POR CATEGORÍA DE FUENTE DURANTE EL PERIODO 2000-2006	70
FIGURA 22. PORCENTAJE DE CONSUMO DE GAS NATURAL POR SECTOR INDUSTRIAL DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	70
FIGURA 23. CONSUMO ESTATAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SUBCATEGORÍA, 2000-2006	72
FIGURA 24. TENDENCIA EN LAS EMISIONES DE CO ₂ POR CATEGORÍA DE FUENTE DURANTE EL PERIODO 2000-2006.....	84
FIGURA 25. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR DOMÉSTICO (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIO).	87
FIGURA 26. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR COMERCIO (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIO).	89
FIGURA 27. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIO).	90
FIGURA 28. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR TRANSPORTE (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIOS)..	92
FIGURA 29. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR GENERACIÓN ELÉCTRICA (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIOS).....	94
FIGURA 30. COMPARACIÓN ENTRE LA DEMANDA ENERGÉTICA Y LAS EMISIONES GENERADAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL (TAMAÑO DE LA BURBUJA PETA JULIOS).....	96
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR POR MUNICIPIO DURANTE EL PERIODO 2000-2006.	98
FIGURA 32. ESCENARIO TENDENCIAL DE EMISIONES DE GEI DE LOS PRINCIPALES PETROLÍFEROS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA 2000-2030 (GG DE CO ₂ E).	112
FIGURA 33. CANASTA DE PETROLÍFEROS Y SU PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN AL TOTAL DE EMISIONES DE GEI SECTOR ENERGÍA 2000-2006.	113

FIGURA 34. TENDENCIA EN LAS EMISIONES DE CO ₂ POR CATEGORÍA DE FUENTE (GIGAGRAMOS)	115
FIGURA 35. TENDENCIA EN LAS EMISIONES DE CH ₄ POR CATEGORÍA DE FUENTE. (GG DE CO ₂ E)	116
FIGURA 36. TENDENCIA EN LAS EMISIONES DE N ₂ O POR CATEGORÍA DE FUENTE. (GG DE CO ₂ E)	117
FIGURA 37. TENDENCIA EN LAS EMISIONES GEI SECTOR ENERGÍA (GG DE CO ₂ E)	118

Índice de Mapas

MAPA 1. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE GASOLINA PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006.....	73
MAPA 2. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006.....	74
MAPA 3. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE COMBUSTÓLEO PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006.....	75
MAPA 4. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE COQUE DE PETRÓLEO PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006	76
MAPA 5. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE DIÉSEL PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006	77
MAPA 6. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE LEÑA PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006	78
MAPA 7. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE GAS LP PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006.....	79
MAPA 8. ACTIVIDAD ENERGÉTICA POR CONSUMO DE GAS NATURAL PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006.....	80
MAPA 9. BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ PARA EL PERIODO DE ESTUDIO 2000-2006	81

RESUMEN

Se realizó un inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que incluyó los sectores: Energía, Procesos Industriales, Solventes y Otros Usos de Productos, Agricultura, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura y Residuos. El inventario de GEI correspondiente al sector energía se calculó a partir de la construcción del Balance Estatal de Energía (BEE).

Los gases que fueron incluidos en el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI) sector Energía corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero directo: Bióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O), contabilizadas en unidades de CO₂ equivalente (CO₂e)¹. El inventario fue realizado para los 58 municipios del estado, y su período de estimación fue 2000-2006.

En el periodo 2000-2006 se produjeron 79 351,6 Gg CO₂e (58% del total de las emisiones estatales), 78 961,1 Gg CO₂e de Bióxido de Carbono; 273,5 de Óxido Nitroso; y 116,9 de Metano. Se calculó la emisión de GEI por municipio para el periodo de estudio: en Villa de Reyes se generan 29% de las emisiones del sector Energía, en San Luis Potosí, 20,5%, y en cuatro municipios huastecos, 36%. Se construyó el primer Balance de Energía (BE) de SLP (2000-2006), con los siguientes resultados: la demanda total de energía fue de 958,9 peta Joules (pJ), la generación de energía pública demandó el 29,9%; la industria el 26,0%; y el transporte el 24,7%. El combustóleo pesado cubrió el 37,5% de la demanda; las gasolinas, 15,2%; el coque de petróleo, 13,5%; el diesel, 9,9%; el gas natural, 6,6%; el Bagazo de caña, 6,4%; el gas LP, 5,8%; y la leña, 4,8%. Villa de Reyes tiene la principal demanda de energía con, 30,5%; San Luis Potosí, 25%; Ciudad Valles, 13,1%; y Tamuín, 12,9%.

La incertidumbre calculada es del 18.3%, por lo que se considera que tanto el inventario de GEI del sector como el balance de energía son confiables.

¹ Concentración de CO₂ que daría lugar al mismo nivel de forzamiento radiativo que la mezcla dada de CO₂ y otros gases de efecto invernadero (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 1995).

INTRODUCCIÓN

El clima de la Tierra es dinámico y varía naturalmente en escalas de tiempo de meses, años, décadas, siglos o milenios, pero desde el comienzo de la Revolución Industrial inició un proceso de calentamiento de la tropósfera baja el cual se ha acelerado en los últimos años. Este fenómeno, de acuerdo a los ejercicios de atribución realizada, se asocia principalmente a la actividad humana (resultado del uso desmedido de combustibles fósiles y en menor grado a otras actividades antropógenas) y en menor proporción a la variabilidad natural, lo que nos lleva a presenciar una exacerbación del fenómeno conocido como, efecto invernadero.

Según datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001) los incrementos en la concentración de GEI desde 1750 son: bióxido de carbono (CO₂), 31%; metano (CH₄), 151%, y óxidos de nitrógeno (N₂O), 17%.

Las evidencias de que el Cambio climático está ocurriendo son contundentes, lo que ha provocado una fuerte presión pública hacia los gobiernos, para que realicen acciones que permitan disminuir la emisión de GEI. La preocupación internacional llevó a la firma del Protocolo de Kyoto, instrumento vinculante de política internacional que estableció metas cuantitativas para la reducción de emisiones de GEI, las cuales fueron obligatorias para los países desarrollados; desgraciadamente estas metas no fueron cumplidas por ninguno de los firmantes y la vigencia del acuerdo terminó el 31 de diciembre del 2012.

Previniendo tales acontecimientos, a finales del 2011, en Durban, Sudáfrica, durante La XVII Cumbre de la ONU sobre Cambio Climático COP 17, se reunieron las Partes del Protocolo de Kyoto. Participaron diversos representantes de la comunidad científica y política, con el objetivo de “Salvaguardar o ampliar el único instrumento jurídicamente vinculante a nivel multilateral” (Dirección General de Servicios de Documentación Información y Análisis, 2012, pág. 1), en la reunión los gobiernos firmantes aprobaron una extensión del acuerdo hasta el 2015 y se comprometieron a firmar un nuevo acuerdo con compromisos vinculantes al 2020.

Existen pocas esperanzas con respecto a este nuevo Kyoto, ya que los países más contaminantes como China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón ya declararon junto con Canadá que no firmarán un nuevo Kyoto.

“Sin embargo, los países pobres deberán reducir sus emisiones de manera proporcional a los países más ricos, lo que en palabras de Martin Khor, director del Intergovernmental South Centre de Ginebra, “es como si los hambrientos debieran renunciar a la mitad de su pequeña ración de comida, pero los ricos sólo a una pequeña parte”” (Dirección General de Servicios de Documentación Información y Análisis, 2012, pág. 8).

México, ratificó el protocolo de Kyoto desde el año 2000 y siendo un país no-Anexo I, no tiene obligaciones cuantitativas de reducción de emisiones de GEI, sin embargo y con base a lo establecido en los Artículos 4.1 y 12.1 de la CMNUCC, ha preparado y presentado a la fecha ya cinco comunicaciones nacionales.

San Luis Potosí se ha sumado a este compromiso a través de la creación de su Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), el cual contempla diversos estudios realizados por científicos de la UASLP, en colaboración con otras entidades académicas para abordar los temas de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, además de incluir el Inventario Estatal de Emisiones de GEI (IEEGEI).

El IEEGEI de San Luis Potosí, es el primer inventario que se elabora para el estado y el sector energía es uno de los cinco sectores que lo conforman, este sector es el mayor generador de emisiones dentro del estado.

La metodología del IEEGEI sector energía se basó en la elaboración previa del Balance Estatal de Energía (BEE), calculado por primera vez para el estado, fue diseñado para identificar los flujos de energía y las principales fuentes de GEI del sector energía, así como las fuentes clave de emisión de los GEI, adicionalmente, los flujos de energía identificados para cada municipios del estado fueron cartografiados.

La tarea más ardua dentro de la elaboración del BEE fue la recopilación de los datos de actividad, debido a que la información de esta índole aun es escasa en el contexto nacional y más aun en el estatal, se tuvo por consiguiente, que efectuar una búsqueda exhaustiva en diferentes fuentes de información, además del hecho de que los datos disponibles se encuentran de forma agregada, lo que añade un grado mayor de complejidad e implica conjuntamente la búsqueda de datos sustitutos que permitan llevar a cabo la desagregación de los datos de los diferentes combustibles, a fin de poder presentarlos por sector y por municipio.

Los resultados obtenidos del BEE y del IEEGEI, contemplan el análisis de la demanda energética y de la generación de emisiones, tanto por tipo de combustible, como por categoría de fuente, durante el periodo de estudio 2000-2006.

El reto fundamental para la elaboración de los BEE e IEEGEI es el acceso a la información, la cual es resguardada con un celo excesivo por parte de las dependencias de gobierno, del acceso a la información depende la calidad y confiabilidad de los resultados finales.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1 Antecedentes

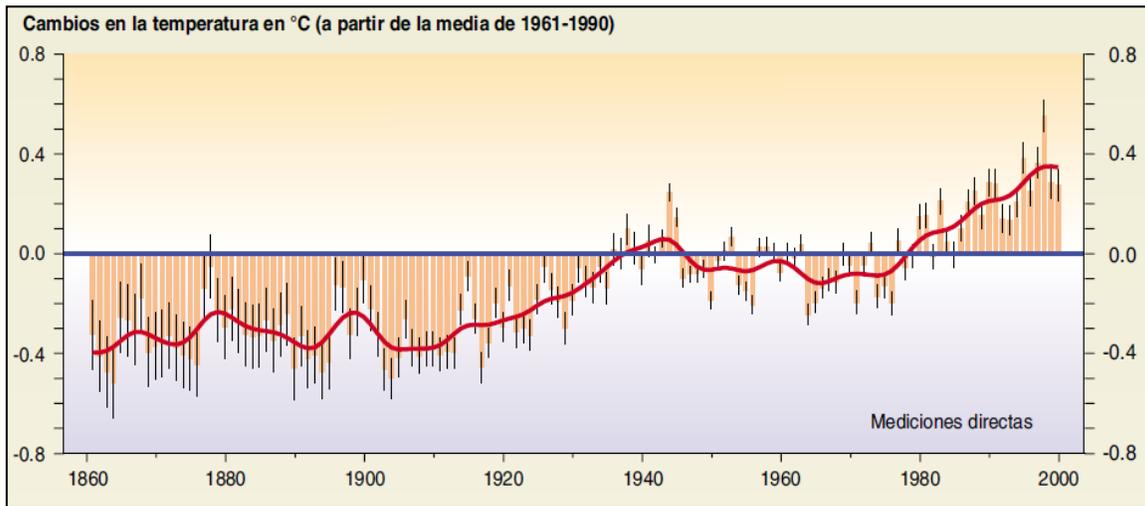
La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) define por cambio climático:

“Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992, pág. 3).

El clima varía de acuerdo a cada región y periodo de tiempo, ya que depende de la compleja interacción de diversos factores, entre ellos, la altura sobre el nivel del mar, la latitud, la circulación de los vientos, la precipitación; estos fenómenos deben ser registrados a lo largo de varios años, considerándose 30 años para poder llevar a cabo un análisis aceptable.

“La temperatura media mundial de la superficie (es decir, el promedio de la temperatura del aire cerca de la superficie de la tierra y de la temperatura de la superficie del mar) ha subido desde 1861. Durante el siglo XX, el aumento ha sido de $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ [...]. Por ejemplo, la mayor parte del calentamiento que se produjo en el siglo XX tuvo lugar en dos períodos: de 1910 a 1945 y de 1976 a 2000” (IPCC, 2001, pág. 3), **véase Figura 1**.

Figura 1. Variaciones de la Temperatura de la superficie de la Tierra durante los últimos 140 años.



Fuente: (IPCC, 2001)

“Las concentraciones atmosféricas mundiales de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios”. (IPCC, 2007, pág. 5)

“La capacidad del IPCC de ofrecer pruebas de que los cambios climáticos significaban una amenaza real, motivó a los gobiernos reunidos en la Cumbre a firmar el Convenio marco sobre los cambios climáticos (UNFCCC por sus siglas en inglés)” (UNEP, 2012). Documento disponible en el sitio Web del programa <http://www.unep.org/geo/GEO3/spanish/061.htm>

En el año 1995, los gobiernos participantes de la CMNUCC se dieron cuenta que los acuerdos establecidos para lograr la reducción de emisiones eran insuficientes, por lo que era necesario generar una mayor presión a nivel mundial que lograra reforzar las acciones que contrarrestaran al cambio climático; es así como en el año de 1997 durante la Tercera Conferencia de las Partes, surge el Protocolo de Kyoto.

Este instrumento estableció en su Anexo B metas cuantitativas específicas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero las cuales se definió serían obligatorias para los países desarrollados y con economías en transición, o mejor conocidos como países **Anexo I**.

Es importante mencionar que el Protocolo entraría en vigor cuando lograra ser ratificado por los países que representaran al menos el 55 por ciento de las emisiones mundiales de GEI, con respecto de las del año de 1990, lo cual se llevó a cabo al ser ratificado por Rusia, que aportaba el 17,4 por ciento de las emisiones, cubriendo así el 61,6 por ciento de las emisiones mundiales y posibilitando que 90 días después el protocolo entrara en vigor, sin embargo, el Protocolo de Kyoto quedo marcado por un panorama desalentador con respecto a los alcances que se lograrían, esto por el hecho de que el principal emisor de GEI del mundo, Estados Unidos, quien aportaba el 25 por ciento del total de las emisiones, se negó a ratificar este instrumento, argumentando que ponía en peligro su desarrollo económico, además de mostrar una gran inconformidad porque el Protocolo excluía a naciones en desarrollo tales como China, (actualmente principal emisor de GEI) India y Brasil, estas tres ratificaron el protocolo pero por ser consideradas No Anexo I, no estaban jurídicamente obligadas a cumplir alguna meta específica en la reducción de emisiones.

En respuesta a esta problemática mundial, el gobierno de México, comenzó a hacer lo propio, fue así que en el año de 1997 presentó su primer Comunicación Nacional, en la cual se incluyó el primer inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el año de 1990 y los resultados de los primeros estudios de vulnerabilidad del país ante el cambio climático; desde entonces México ha mantenido activo su compromiso pues en el 2012 fue dada a conocer ya la Quinta Comunicación Nacional, donde se presenta la actualización del inventario para el periodo 1990-2010.

Hoy por hoy se sabe que “México contribuye con alrededor del 1.6% de las emisiones de gases de efecto invernadero que generan este problema y muestra, además, una alta vulnerabilidad frente a sus efectos adversos” (Poder Ejecutivo

Federal, 2009, pág. 3); en respuesta a lo anterior, el gobierno federal en su Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 incorporó, por primera vez, el tema del cambio climático, considerando elaborar las estrategias de mitigación y de adaptación, necesarias para mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Posteriormente surge el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, el cual a través de sus 105 objetivos y 294 metas, pretende contribuir al logro de los objetivos del PND. A través del PECC;

“México asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir en un 50% sus emisiones de GEI al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000. México aspira así a contribuir a un posible escenario de estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, a un nivel no superior a 450 partes por millón de bióxido de carbono equivalente (CO₂e), compatible con un límite del incremento de la temperatura superficial promedio entre 2° C y 3° C y una convergencia flexible hacia un promedio global de emisiones per cápita de 2.8 toneladas de CO₂e en 2050” (Poder Ejecutivo Federal, 2009, pág. 10).

Para difundir la participación a nivel estatal se creó el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), para el cual el Instituto Nacional de Ecología (INE), en conjunto con la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC), asesora técnicamente a las Entidades Federativas para que preparen el PEACC correspondiente a su entidad.

“Los PEACC son instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden de gobierno estatal y municipal, además de ser un elemento importante para la política de cambio climático en México” (INE, 2012). Documento disponible en el sitio Web del programa:

<http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/index.html>

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) a través de la Agenda Ambiental, adquirió el compromiso para elaborar el **primer PEACC** de San Luis Potosí, con apoyo de entidades gubernamentales como la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaria de Ecología y Gestión Ambiental (SEGAM); el PEACC de San Luis Potosí incluye el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI), el cual es un instrumento fundamental que permite la caracterización y diagnóstico del Estado a partir del cual se desarrollarán acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI; así mismo el PEACC contempla los escenarios de emisiones de GEI y de cambio climático para San Luis Potosí en el corto y largo plazo.

La orientación del IPCC para inventarios (IPCC 1997, 2000, 2003) define seis sectores/categorías de fuente para los inventarios, estos son: **Energía, Procesos Industriales, Solventes y Otros Usos de Productos, Agricultura, Uso de Suelo y Silvicultura y Residuos.**

“Dentro de estos sectores, se definen fuentes individuales. Se requiere que las Partes de la CMNUCC reporten sus inventarios en forma coherente con las definiciones y estructura de estos seis sectores, y las fuentes y sumideros dentro de cada sector, para que la redacción sea uniforme para todas las Partes” (Braatz & Doorn, 2008, pág. 19).

El sector Energía constituye la categoría de mayor aportación en los inventarios de GEI, tanto a nivel mundial, nacional y estatal, esto debido a que como ya se describió anteriormente, la generación de emisiones de GEI es atribuida principalmente al uso de combustibles fósiles, los cuales son la principal fuente de energía en nuestra sociedad; el IEEGEI sector energía de San Luis Potosí es el primero que se elabora para el estado, fue elaborado a partir del Balance Estatal de Energía (BEE), su antecedente inmediato es el Balance Nacional de Energía (BNE) que desde el año dos mil, elabora y publica la Secretaria de Energía (SENER).

“Uno de sus principales objetivos es ofrecer información útil y comparable a nivel nacional e internacional para el análisis del desempeño del sector energético y el diseño, formulación e implantación de políticas públicas en la materia” (Irastorza & Fernández, 2010, pág. 54).

1.2 Justificación

El Balance Estatal de Energía y como producto de este, el IEEGEI sector energía permiten cuantificar el consumo de energía y la generación de emisiones de GEI del estado, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para la gestión ambiental, así como contribuir al cumplimiento con lo enunciado en el Artículo 2 de la (CMNUCC, 1992, pág. 4), es “Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”.

- El inventario estatal de GEI sector energía proporcionará información de utilidad para la evaluación y planificación del desarrollo económico del estado.
- El inventario estatal de GEI sector energía, permitirá identificar los flujos de energía y las principales fuentes de GEI del sector energía, así como los sectores económicos con que están asociados.
- El inventario estatal de GEI sector energía, permitirá identificar los municipios de mayor consumo energético, así como las categorías de fuente a las cuáles está asociado dicho consumo.
- El inventario estatal de GEI sector energía proporcionará la información pertinente para identificar a los principales emisores de GEI del sector industrial.
- El inventario estatal de GEI sector energía proveerá información confiable para generar estrategias de gestión para la mitigación de GEI sector energía.
- El inventario estatal de GEI sector energía permitirá identificar la canasta energética del estado, así como las alternativas energéticas posibles.

1.3 Hipótesis

Es posible, mediante el Balance Estatal de Energía del estado de San Luis Potosí, construir un inventario estatal de gases de efecto invernadero, sector energía con suficiente certidumbre para elaborar estrategias robustas de mitigación.

1.4 Objetivo General

Elaborar el Balance Estatal de energía del estado de San Luis Potosí y, a partir de este, el inventario estatal de emisiones de GEI del sector energía.

1.5 Objetivos Específicos

- Conocer en detalle la estructura del sector energético del estado de San Luis Potosí, sus fuentes y flujos, para integrar el Balance estatal de energía.
- Cuantificar las emisiones de los GEI, con baja incertidumbre, a partir del Balance estatal de energía, o en su caso, otras herramientas pertinentes.
- Establecer procedimientos que aseguren la calidad, y rastreabilidad de la información.
- Generar y analizar las tendencias de emisión de los GEI del sector energía y, a partir de ahí, generar escenarios de emisiones para el 2010, 2020 y 2030.
- Elaborar estrategias de mitigación de los GEI del sector energía, en el estado de San Luis Potosí.

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Balance de Energía

En el contexto nacional la Secretaria de Energía (SENER) publica anualmente el Balance Nacional de Energía (BNE), en él se muestran las principales estadísticas relacionadas con la integración de los flujos energéticos, monitoriza los consumos de energía así como el aprovechamiento de la misma, y su objetivo es garantizar la competitividad del mercado de petrolíferos nacional, con relación al resto del mundo, así mismo proporciona herramientas para medir los impactos ambientales que surgen a partir de la generación y consumo de la energía.

“El Balance Nacional de Energía presenta cifras sobre el origen y destino de las fuentes primarias y secundarias de energía a nivel nacional [...] para el análisis del desempeño del sector energético; para el diseño, formulación e implementación de políticas públicas en la materia; y para la toma de decisiones” (SENER, 2012, pág. 13).

El Balance Estatal de Energía (BEE) de San Luis Potosí es el primero que se elabora para el estado, muestra como fluye la energía, cuál es su origen, cuanta se genera dentro del estado y cuál es su destino final dentro de los diferentes sectores económicos.

“El primer paso para la integración de las estadísticas del Balance es identificar los flujos de producción, oferta y consumo para cada producto energético. Esto permite tener una idea más clara de los procesos e identificar a los agentes involucrados” (Irastorza & Fernández, 2010, pág. 58).

Una característica de nuestro BEE es que muestra los consumos energéticos de manera desagregada a nivel referencial, sectorial y municipal, lo cual posibilita analizar los flujos energéticos con un alto grado de detalle, pues permite realizar una aproximación confiable a nivel municipal de los petrolíferos de mayor

consumo, la oferta y demanda de energética y de la participación por categoría de fuente.

2.2 Inventario de Emisiones Gases de Efecto Invernadero (GEI) y los elementos que lo conforman

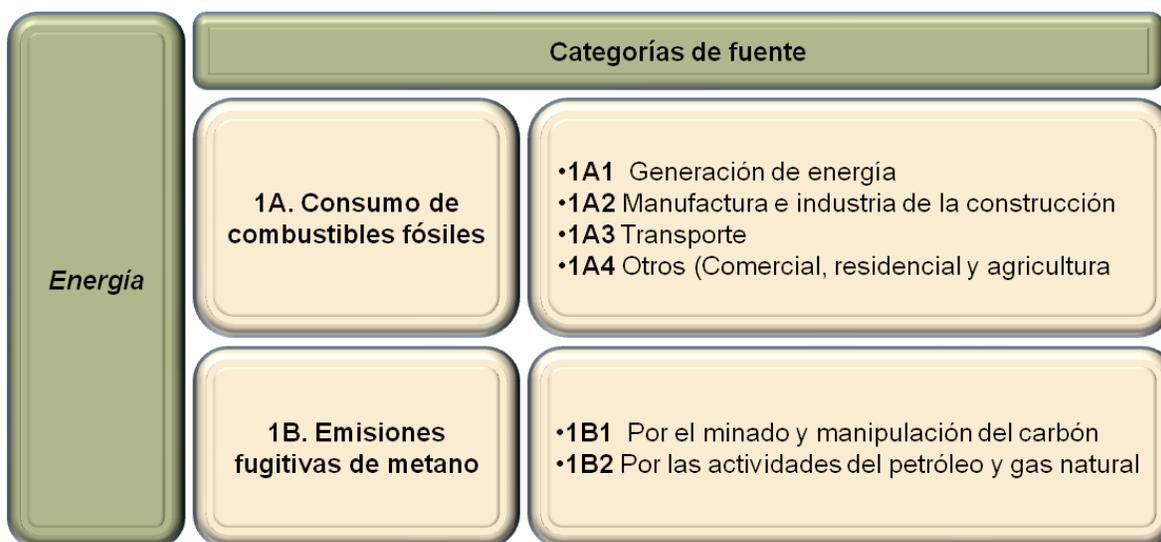
En el contexto internacional el inventario de GEI ha sido definido por la CMNUCC como

“Un listado exhaustivo, por fuentes, de las emisiones y absorciones anuales de los GEI que resultan directamente de las actividades humanas en el país que reporta. Un inventario puede estimar las emisiones y absorciones de uno o varios años” (Braatz & Doorn, 2008, pág. 19).

Un IEGEI está compuesto de seis sectores que son: Energía, Procesos Industriales, Solventes y Otros Usos de Productos, Agricultura, Uso de Suelo y Silvicultura y Residuos. A su vez cada uno de estos sectores se componen de fuentes² individuales; las fuentes que componen al sector Energía se muestran en la **Figura 2. Sector Energía y las categorías de fuente que lo integran.**, para el presente trabajo solo se estiman las emisiones generadas a partir del consumo de combustibles fósiles (1A) ya que las concernientes al apartado 1B. Emisiones fugitivas de metano, no aplican a los procesos de liberación de emisiones desarrollados en San Luis Potosí.

² El término “fuente” está definido en el contexto de IEGEI como un proceso que libera emisiones de GEI como la combustión de combustibles fósiles.

Figura 2. Sector Energía y las categorías de fuente que lo integran.



2.2.1 Gases de Efecto Invernadero (GEI), forzamiento radiativo y potencial de Calentamiento

Los **Gases de Efecto Invernadero** (GEI) han sido definidos por la CMNUCC como "aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y remiten radiación infrarroja" (CMNUCC, 1992, pág. 4). Esta particularidad de los GEI provoca un cambio en la irradiación neta vertical sobre la tierra conocido como **forzamiento radiativo**, el cual es referido como:

"Una medida de cómo el equilibrio del sistema atmosférico de la Tierra se comporta cuando se alteran los factores que afectan el clima. La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra dentro de la atmósfera terrestre. El equilibrio radiativo controla la temperatura de la superficie terrestre. El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la Tierra está siendo separado de su estado normal" (Solomon, y otros, 2007, pág. 103).

Con base en la definición anterior es importante señalar que conforme el forzamiento radiativo de los GEI se incrementa, también se eleva su **potencial de calentamiento**.

Las emisiones de un IEGEI son contabilizadas para cada GEI y también en unidades de CO₂e, cuya fórmula consiste en multiplicar la cantidad de emisiones de un GEI por su valor de potencial de calentamiento global (PCG) para un horizonte de 100 años.

“Los valores del PCG permiten a los planificadores de políticas comparar los impactos de las emisiones y las reducciones de éstas de los diferentes gases. Según el IPCC, los PCG tienen típicamente una incertidumbre de +/- 35%” (Albritton & Meira, 2001, pág. 89).

El IEEGEI sector energía contempla, de acuerdo a las guías del IPCC (por sus siglas en inglés) la cuantificación de las emisiones de los GEI “directos”, definidos como los gases que inducen directamente al forzamiento radiativo y al calentamiento global, estos son:

Bióxido de Carbono (CO₂): “En su valoración científica el IPCC estableció que la cantidad en que se incrementó la presencia del bióxido de carbono en la atmosfera se debe predominantemente a la oxidación de carbono orgánico por la quema de combustibles de origen fósil y la deforestación” (Cuatecontzi & Gasca, 2004, pág. 90).

Metano (CH₄): “Este gas se produce a través del proceso de la descomposición anaerobia de la materia orgánica en los sistemas biológicos. [...] Se genera también durante la producción y distribución del gas natural y del petróleo, y es liberado como subproducto en la extracción del carbón y en la combustión incompleta de los energéticos fósiles” (Cuatecontzi & Gasca, 2004, pág. 91).

Óxido Nitroso (N₂O): “Después de ser liberado es prácticamente inerte y rara vez participa en reacciones químicas en la tropósfera. También es la fuente principal de NO_x en la estratósfera, lo que está contribuyendo al

agotamiento del ozono estratosférico. Más del 20 por ciento de las emisiones globales totales de N₂O y el 50 por ciento de las emisiones totales de N₂O pueden deberse a emisiones terrestres naturales” (IPCC, 1993).

2.2.2 Serie de Tiempo y estimación del año base

Otro elemento importante en la elaboración de un IEGEI es definir la **Serie de Tiempo**, entendiéndose esta como “un listado de estimaciones de emisiones a lo largo de varios años” (Braatz & Doorn, 2008, pág. 21), y cuya característica principal es que debe mantener una coherencia metodológica en todos los años que la integran. El **Año base** es el primer año de la serie de tiempo, es necesario definirlo en la metodología del IEGEI puesto que sirve como referencia para comparar las emisiones entre los diferentes años de las serie de tiempo, así como entre otros inventarios.

2.2.3 Factor de Emisión

Un factor de emisión indica la cantidad que se emite de un contaminante a la atmósfera, como producto del ejercicio de una actividad cualquiera que está asociada al uso de ese contaminante. Estos factores se expresa normalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o la duración de la actividad de emisión de los contaminantes (por ejemplo, kilogramos de partículas emitidas por mega gramo de carbón quemado). (EPA, 2011). Documento disponible en sitio web del programa

<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

El uso de factores de emisión permite estimar las emisiones de diversas fuentes de contaminación del aire. Lo ideal al realizar un IEGEI es que existieran factores de emisión específicos para cada región, sin embargo estimarlos no es tarea fácil, debido a la dificultad que implica obtener los recursos necesarios para ello. Otra ventaja de contar con factores de emisión específicos es el hecho de que elevan el

nivel de la calidad de los IEGEI. En el actual proceso de elaboración se utilizan los Factores de emisión por defecto para la Combustión Estacionaria, los cuáles son recomendados en las directrices del (IPCC, 2006) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

2.2.4 Buenas Prácticas, Control de Calidad y Garantía de Calidad

Las guías de las buenas prácticas han sido elaboradas para garantizar que los IEGEI cumplan en la exactitud del cálculo de emisiones, mediante el conjunto de una serie de procedimientos diseñados para evitar sistemáticamente una estimación por exceso o por defecto, así mismo que las incertidumbres se reduzcan al mínimo posible.

”Las buenas prácticas comprenden la elección de métodos de estimación apropiados a las circunstancias nacionales, la garantía de la calidad y el control de calidad en el plano nacional, la cuantificación de las incertidumbres y el archivo y la notificación de los datos a fin de promover la transparencia” (Tichy & Bentley, 2006, pág. 2).

Uno de sus pilares es el de apoyar la preparación de los IEGEI a fin de que puedan evaluarse fácilmente en términos de calidad y exhaustividad, para esto la *Orientación sobre las buenas prácticas* del IPCC, recomienda aplicar los procedimientos de garantía de la calidad y control de calidad (GC/CC).

“Las actividades de CC abarcan métodos generales como los exámenes de exactitud sobre la adquisición y cálculos de datos y el uso de procedimientos normalizados aprobados para calcular emisiones, hacer mediciones, estimar las incertidumbres, archivar información y presentar los resultados. Las actividades de CC de nivel superior comprenden revisiones técnicas de las categorías de fuentes, de los datos de actividad y factores de emisión y de los métodos” (Abel & Gillenwater, 2006, pág. 4).

Las actividades GC incluyen un sistema de auditorías externas por parte de expertos en el tema, con el objetivo de verificar que se ha dado cumplimiento a los objetivos de calidad.

”La *orientación sobre las buenas prácticas* de GC/CC [...] refleja la factibilidad, aceptabilidad, rentabilidad, experiencia existente y potencial de aplicación a escala mundial. Un programa de GC/CC contribuye a los objetivos de *orientación sobre las buenas prácticas*, o sea a mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y confianza en los inventarios nacionales de estimaciones de las emisiones” (Abel & Gillenwater, 2006, pág. 4).

2.2.5 Análisis de la Incertidumbre

Al definirlo de manera estadística

“El análisis de incertidumbre de un modelo tiene por objeto proporcionar mediciones cuantitativas de la incertidumbre que tienen los valores finales del modelo como consecuencia de las incertidumbres en el propio modelo y en los valores introducidos inicialmente en éste (o “valores de entrada”), y examinar la importancia relativa de esos factores (Tichy & Bentley, 2006, pág. 15).

La estimación de la incertidumbre es esencial en un IEGEI completo.

”La información sobre la incertidumbre no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones de inventarios, sino a ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre elección de la metodología” (Abel, Eggleston, & Pullus, 2006, pág. 5).

Las estimaciones de inventarios pueden usarse con diversos propósitos. Para algunos fines, sólo interesa el total nacional, mientras que para otros es importante el detalle discriminado por gases de efecto invernadero y categorías de fuentes. Para cotejar los datos con el fin al que se destinan, los usuarios deben poder comprender la fiabilidad real de la estimación total y de sus partes componentes.

2.3 Categoría principal de fuentes

Una categoría principal de fuentes es aquella cuyo resultado generado a partir de la estimación de las emisiones influye de manera significativa al total de las emisiones de GEI directo, por lo cual requiere ser identificado para establecer las medidas que se consideren adecuadas al entorno en que se desenvuelve el hallazgo, de acuerdo con (Kruger & Rode, 2006, pág. 4) "Cualquier organismo encargado de inventarios que haya preparado un inventario de emisiones estará en condiciones de determinar las *categorías principales de fuentes* en función de su contribución al nivel absoluto de las emisiones nacionales".

2.4 Inventario de Fuentes Móviles

Un inventario de emisiones de vehículos automotores es un elemento importante para la gestión de la calidad del aire. Dada la gran variedad de vehículos que circulan a diario, es necesario llevar a cabo una metodología específica que permita cuantificar las emisiones generadas tomando en cuenta los diversos modelos que existen en el mercado, los diferentes tipos y cantidades de combustibles que consumen, así como los diversos usos que reciben.

A pesar de la gran complejidad que caracteriza a la flota vehicular de cualquier estado, la metodología debe ser sencilla de forma tal que el inventario pueda ser elaborado relativamente rápido, pero sobretodo sus resultados puedan ser analizados y comparados en periodos cortos de tiempo. En el contexto internacional existen ya metodologías diseñadas y aprobadas para estimar las emisiones de las fuentes móviles como lo es la elaborada por la Radian Internacional, y cuya versión conocida en México data del año 1997 y en la cual se propone que la ecuación básica para estimar las emisiones de las fuentes vehiculares consiste en, multiplicar los datos de actividad vehicular por un factor de emisión adecuado,

“Los datos de actividad son representados por los kilómetros recorridos por vehículo (KRV), que es la distancia total recorrida por los vehículos automotores dentro del dominio espacial del inventario; mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramos de contaminante emitido por KRV” (Radian Internacional, 1997, pág. 25).

La información generada a partir de la complejidad de la flota vehicular de una ciudad, puede resultar en una tarea muy complicada de organizar, por lo cual la Radian Internacional recomienda el uso de modelos diseñados para este propósito, y que además hayan sido ajustados para las condiciones locales. Es así que tomando en cuenta lo anterior tenemos que hacer referencia al modelo conocido como MOBILE6, el cual ofrece factores de emisión específicos para las características de la flota vehicular del estado, además de que ya fue adaptado para las condiciones tecnológicas de la flota vehicular del país, este modelo

“Se basa en el tratamiento de los datos recopilados a partir de una muestra estadísticamente representativa de la flota vehicular. Posteriormente, los parámetros de entrada son ajustados para tomar en cuenta las condiciones locales y la variabilidad” (Radian Internacional, 1997, pág. 33).

El Modelo MOBILE6 El modelo MOBILE es un programa de cómputo integrado por rutinas elaboradas en lenguaje de programación Fortran y es utilizado para el cálculo de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina y diesel, así como para ciertos vehículos especializados, tal como los vehículos a gas natural. (INE, 2007, pág. 47)

La elaboración de un inventario de fuentes móviles, no es tarea fácil sobre todo porque el reunir los datos de actividad representa una tarea ardua que requiere de la disponibilidad de diversos recursos para lograrlo.

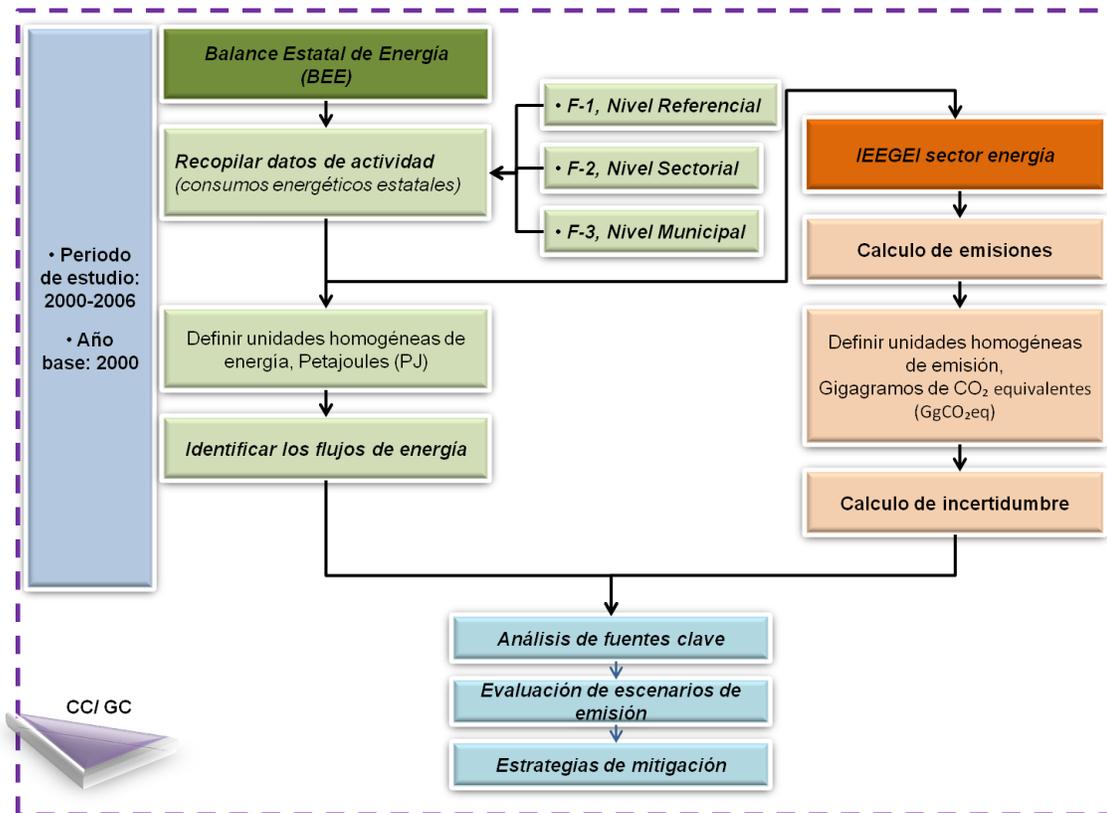
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL BEE E IEEGEI SECTOR ENERGÍA

El IEEGEI de San Luis Potosí fue concebido a partir del BEE de San Luis Potosí, en su desarrollo ambos productos fueron realizados con un enfoque “de abajo hacia arriba” (bottom-up), con esta aproximación las emisiones fueron calculadas a partir del inventario de cada una de las fuentes principales en el estado (**véase Figura 3**), y no de los datos nacionales agregados. Para este fin se construyeron nuevas bases de datos, producto de la investigación documental, de campo y de la aplicación de más de dos mil encuestas en el estado.

El IEEGEI sector energía se llevó a cabo bajo el marco conceptual y la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés); de manera específica, las Guías utilizadas fueron: Las Directrices, versión 1996, Las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre, así como los Manuales de Referencia. Los datos de actividad fueron recolectados a partir del análisis de las fuentes locales, se utilizaron los factores de emisión de las Guías versión 2006, las emisiones finales son presentadas en unidades de CO₂ equivalentes, pues tal como se menciona en la Cuarta Comunicación Nacional, “las emisiones de GEI expresadas en estas unidades, nos permite compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total de emisiones del inventario” (INE-SEMARNAT, 2009, pág. 61).

Es importante señalar que durante el desarrollo de todo este proceso las actividades de Garantía de Calidad (GC) y Control de Calidad (CC) fueron aplicadas de forma rigurosa y consistente.

Figura 3. Metodología general para la elaboración del Balance Estatal de Energía e IEEGEI sector energía.



Fuente: Elaboración propia

3.1 Recopilación de Datos de actividad

La recopilación de los datos de actividad se llevó a cabo en tres fases, a través de las cuales se consultaron diversas fuentes de información que sustentan el nivel de desagregación requerido (véase **Figura 3**) estas fases son:

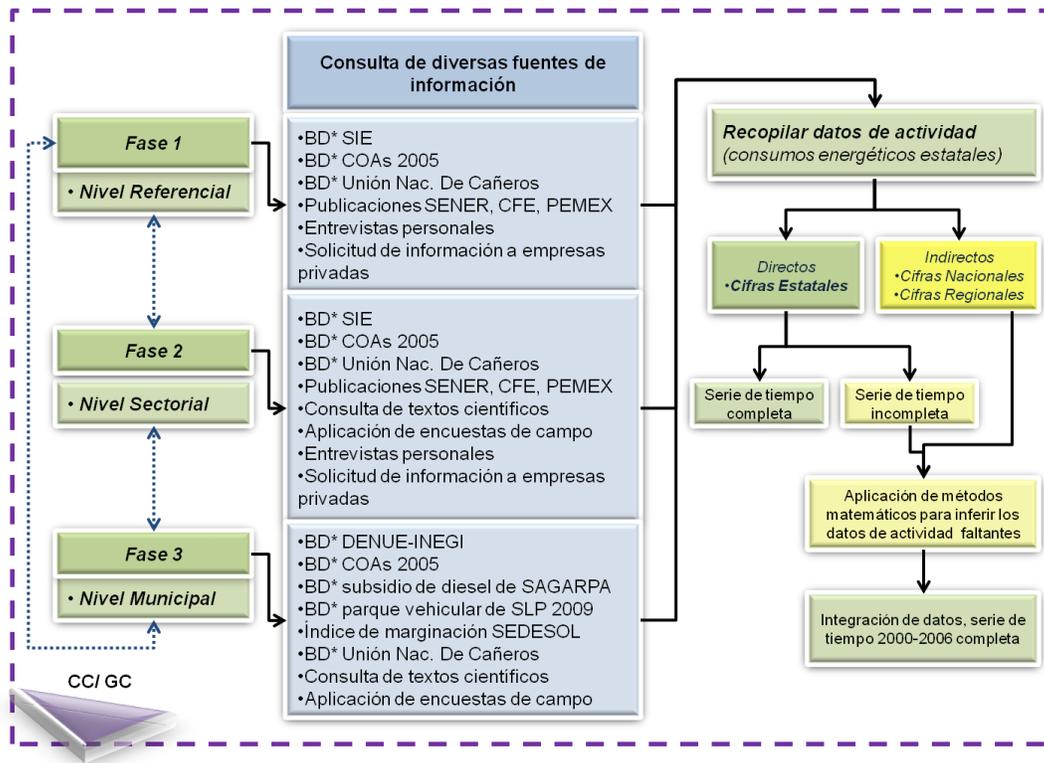
- Fase 1, Nivel Referencial (NR): muestra los datos de oferta total de combustible fósiles disponibles para el estado durante el periodo de estudio.
- Fase 2, Nivel Sectorial (NS): muestra los datos las cifras de consumo de combustibles fósiles por sector.
- Fase 3, Nivel Municipal (NM): muestra los datos las cifras de consumo de combustibles fósiles por sector y la cantidad que de este consumo corresponde a cada municipio del Estado.

Para lograr la recopilación de los datos de actividad se utilizaron los siguientes recursos:

- Consulta de Fuentes públicas
- Solicitud de información a empresas privadas
- Solicitud de Información a dependencias gubernamentales
- Encuestas de campo, aplicadas en las diferentes regiones del estado para conocer los patrones de consumo de leña
- Encuestas de campo, aplicadas a usuarios de combustibles para estimar patrones de consumo
- Base de datos de Cedula de Operación Anual COA
- Base de datos de la Flota Vehicular de San Luis Potosí
- Consulta de textos científicos

En la recolección de datos de actividad la mayoría disponible son datos nacionales agregados, lo cual hace necesaria la búsqueda de sustitutos que permitan estimar los datos de actividad faltantes para obtener el nivel de desagregación deseada; Así mismo durante el desarrollo de las diferentes fases se desarrolló un cruce de información que permitió comparar y validar cifras, lo que produjo finalmente datos más completos y confiables. Lo anterior no es una labor sencilla pues tal como lo expresa (Irastorza & Fernández, 2010, pág. 58) “La integración de las estadísticas energéticas es compleja debido a las diferencias que existen en los distintos flujos de la cadena de producción, así como las especificidades inherentes a cada fuente de energía”.

Figura 4. Metodología desarrollada durante la recopilación de datos de actividad.



BD*: Base de Datos

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Fase 1, Nivel Referencial

En la fase 1 se consultaron en primera instancia las fuentes de información relativas al sector energético de México a fin de identificar cuáles son los combustibles fósiles que se consumen en SLP, la investigación fue exhaustiva para asegurar que no se excluyera información, es así que durante esta primera fase de la recolección obtuvimos para algunos combustibles datos sectoriales, pues durante la búsqueda estos fueron surgiendo.

Si bien se elaboró una metodología general de recolección (véase **Figura 4**), es importante señalar que la búsqueda de datos de actividad de cada uno de los

combustibles tuvo particularidades específicas relacionadas con la calidad de la información disponible, y son descritas a continuación.

Gas Licuado de Petróleo

Tanto en el contexto Estatal como Nacional el Gas LP es la principal fuente de abasto del sector residencial. “México encabeza el primer lugar de consumo per cápita de gas LP a nivel mundial, al representar aproximadamente 68 kg por habitante, ligeramente por encima de Ecuador. (SENER, 2010, pág. 26).

Obtener los datos de actividad del gas LP requirió la consulta de la base de datos del SIE (véase **Figura 4**), de la cual se obtuvieron cifras directas de los actividad sectoriales para SLP, sin embargo estas cifras solo incluyen datos del año 2006 en adelante, lo cual hizo necesario el consultar otras fuentes como las Prospectivas del Gas LP publicadas por la SENER, esta fuente maneja cifras referenciales del gas LP, a nivel nacional y/o regional, por lo tanto la información obtenida a partir de Prospectivas del Gas LP fue manejada como datos sustitutos, los cuales son necesarios para inferir los datos de actividad para el estado de SLP. Por último, los datos de actividad obtenidos para la serie de tiempo 2000-2006, son comparados contra las cifras totales de venta de gas LP en el estado, esto con el propósito de verificar la congruencia en los resultados, y como parte de las actividades de CC/GC, las cuales están presentes durante todo el proceso de elaboración del IEEGEI.

Gas Natural

Para obtener los datos de actividad del Gas Natural se consultó la publicación de Prospectiva del Mercado de Gas Natural (véase **Figura 4**), en la cual no se encontraron datos adecuados para la serie de tiempo estudiada, posteriormente durante una entrevista sostenida con el Director de Programas de Calidad del aire e Inventario de emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. (SEDEMA),

nos proporcionó una base de datos del consumo de Gas Natural desagregado a nivel municipal y sectorial, la cual previamente había sido concedida por el Subdirector de Políticas de Combustibles de la SENER como respuesta a una solicitud realizada por la SEDEMA en la cual demandaba falta de detalle de la información publicada en Prospectivas del Gas Natural 2010-2025.

La base de datos contiene los consumos de Gas Natural para San Luis Potosí desagregados a nivel sectorial, excepto por que integra en un mismo sector a las categorías de fuente, residencial, comercial y transporte.

Cabe señalar que durante este proceso, se solicitó también la información pertinente a la empresa Gas Natural Fenosa mediante entrevistas personales, y oficios elaborados por la Agenda Ambiental y SEMARNAT. Finalmente después de seis meses de negociación la empresa Gas Natural Fenosa decidió no conceder la información solicitada.

Gasolina y Diésel

“El comportamiento del mercado de las gasolinas se ha visto influenciado por diversos factores, tales como, precios del combustible, magnitud del parque vehicular, estado de conservación y rendimiento de los vehículos, número de viajes realizados, alternativas de sustitución eficientes y seguras del transporte privado por transporte público, costos y tiempos de recorrido, infraestructura suficiente y disponibilidad de otros combustibles distintos a la gasolina, entre otros” (SENER, 2010, pág. 96).

Los Datos de actividad de ventas de gasolina y diesel fueron obtenidos del SIE, a diferencia de los demás combustibles la información disponible referente a las ventas totales de ambos combustibles es muy completa y abarca todos los años de nuestra serie de tiempo. En prospectivas de petrolíferos también se encontró información completa para la gasolina y el diésel, y aunque las cifras del consumo total de gasolina no son idénticas en ambas fuentes, tienen una diferencia muy pequeña, por lo cual se decidió utilizar los datos del SIE.

Combustóleo Ligero y Pesado

Obtener los datos de actividad del combustóleo fue una tarea compleja debido a que la información obtenida a partir de la consulta de las diferentes fuentes no coincidía al ser comparada entre las mismas, por lo que se decidió usar los datos reportados en Prospectivas de Petrolíferos referentes a las Demanda Estatal de Combustóleo 1999-2009 (SENER, 2010, pág. 127). Nótese que solo se hace referencia al combustóleo sin distinguir si es ligero o pesado, lo cual en el cálculo de emisiones no representa ningún inconveniente puesto que el factor de emisión es el mismo para ambos. La desagregación de la información por tipo de combustóleo, a nivel sectorial y municipal se explicará más adelante.

Bagazo de Caña

Se consultó la base de datos de las Cedula de Operación Anual (COA) 2005, que contiene datos de actividad del Bagazo de caña desglosado por ingenio azucarero, pero solo están disponibles los datos del año 2005; posteriormente se consultó la base de datos de la Unión Nacional de Cañeros, A.C., la cual contiene información desglosada por ingenio azucarero y lo más importante contiene información a partir del año 2000, con lo cual se complementa la serie de tiempo. Como parte de las actividades de GC/CC se compararon los datos de actividad del año 2005 reportados por ambas fuentes, resultando que los datos manejados son altamente similares, y se concluyó las diferencias observadas estaban relacionadas con errores de captura en la COA 2005.

Coque de Petróleo

Para el coque de petróleo se consultó la base de datos de las COA 2005, la cual reporta consumos de coque de petróleo solo en empresas dedicadas a la generación de electricidad, estas son las Termoeléctricas del Golfo y Peñoles, sin embargo al solo contar con los datos del año 2005 era necesario continuar la

consulta de fuentes, es así que se encontró en Prospectivas de Petrolíferos que el sector eléctrico reportaría un crecimiento del año 2003 con una demanda de 11.4%, a 22.9% en el 2013.

“Dicho crecimiento se debe a que las plantas termoeléctricas que iniciaron operaciones en 2003 en Tamuín, San Luís Potosí comenzaron a operar normalmente en el 2004; y para el 2005, ya reflejan su demanda a carga completa de coque de petróleo [...] utilizan la tecnología denominada lecho fluidizado³ de tipo circulante⁴.

Así mismo revisando el Balance Nacional de Coque de Petróleo 1999-2009 (SENER, 2010, pág. 125), observamos que el sector eléctrico reporta cifras de actividad a partir del año 2003, y la subdivisión de autogeneración de electricidad es el consumidor, lo que coincide con el comentario de la SENER, así mismo con el giro comercial de las empresas que reportan datos de actividad de coque de petróleo en las COA 2005.

Otro dato relevante es la Demanda Estatal de Coque de Petróleo 1999-2009 (SENER, 2010, pág. 127). En el cual se reportan datos de consumo a partir del año 2001, si restamos estas cifras a las obtenidas de la autogeneración de electricidad tenemos como resultado los datos de actividad de la industria cementera, las cuales fueron aprobadas después aplicar los métodos de GC/CC que aseguraran su confiabilidad.

Consumo de Leña

Para el estado de San Luis Potosí según datos del XII censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en el año 2000, existen 141,930 viviendas que utilizan leña para cocinar (INEGI, 2005). A partir de éste se consultaron diversas fuentes tanto públicas como privadas a fin de obtener los datos de actividad del consumo de leña en el

³

En estos sistemas, el combustible permanece suspendido en un lecho, que utilizando aire en ciertas condiciones, se comporta como un fluido y, lo más importante, permite quemar combustibles con eficiencia y retener en él compuestos contaminantes.

⁴

Este tipo de caldera es adecuada para quemar cualquier tipo de combustible, con elevados contenidos de azufre y cenizas.

estado para el periodo 2000-2006, sin obtener resultados favorables. Según lo descrito en el Balance Nacional de Energía 2002:

“La estimación confiable del consumo de la leña en México continúa siendo una deficiencia del Balance nacional de energía (BNE) [...]. Para la estimación de esta fuente de energía se han usado metodologías poco claras, con grandes deficiencias e inconsistencias; esto ha ocasionado la subestimación de su participación.” (SENER, 2003, pág. 99)

“Ante la necesidad de contar con una mejor estimación del consumo de leña, Masera (1993) determinó a partir de la metodología conocida como “usos finales”, su participación en México. Posteriormente Díaz (2000) propone una mayor desagregación de esta metodología y elabora una serie histórica (1960-2000) coherente y precisa del consumo residencial de leña en el país” (Díaz & Masera, 2002, págs. 99-100).

Con base a lo anterior se decidió estimar los datos específicos del consumo de leña en el estado, para lo cual se utilizaron los datos recolectados a partir de la consulta de diversas fuentes (véase **Cuadro 1. Datos requeridos para el cálculo de los datos de actividad del consumo de leña en el sector doméstico**, además durante este proceso el equipo de trabajo del PEACC realizó diversas encuestas en las comunidades de las diferentes regiones de San Luis Potosí a fin de obtener datos promedio y reales del consumo per cápita de leña.

Finalmente usando como referencia el ITEM que corresponde a cada fila del **Cuadro 1**, la ecuación aplicada fue la siguiente:

$$\text{Consumo de Leña año 2000} = (B \times C \times A \times 365 \text{ días/año.})/1000 = \text{Ton /año}$$

Para calcular los siguientes años de la serie de tiempo 2000-2006, se debe tomar en cuenta la variación anual en el tamaño promedio de los hogares (número de integrantes de la familia).

Cuadro 1. Datos requeridos para el cálculo de los datos de actividad del consumo de leña en el sector doméstico

ITEM	Descripción	Cantidad	Fuente
A	Consumo de leña	2,1 kg/día per cápita	(Díaz R. , 2000)
		1,6 a 2,4 Kg/día per cápita ^a	Encuestas aplicadas en comunidades de S.L.P. por el equipo de trabajo del PEACC
B	Viviendas que emplearon leña o carbón año 2000	141 930,0	(INEGI, 2005)
C	Tph* de S.L.P., año 2000	4,7	(INEGI, 2000)
D	Tph* de S.L.P., año 2005	4,3	(INEGI, 2005)
E	Tph* de S.L.P., año 2010	4,1	(INEGI, 2010)

(*) = Tamaño promedio de los hogares

(^a)= En relación al grado de marginación que se presenta en la región

Turbosina

La turbosina “se utiliza como combustible en las turbinas de los aviones de propulsión a chorro” (SENER, 2010, pág. 207). San Luis Potosí cuenta con un aeropuerto, lo cual hace obvio el consumo de este combustible dentro del estado, sin embargo no existen datos de actividad reportados, en comunicación personal con el Director de Programas de Calidad del aire e Inventario de emisiones de la SEDEMA, explicó que “los aviones del aeropuerto de San Luis Potosí no cargan Turbosina dentro del estado, sino que lo hacen en otras terminales aéreas, ejemplo; Querétaro” (Sarmiento, 2012). Lo anterior se comprobó al consultar las Prospectivas de petrolíferos en su cuadro referente a la Demanda Estatal de Turbosina, 1999-2009 (SENER, 2010, pág. 129), la cual para San Luis Potosí no contiene datos de actividad.

3.1.2 Fase 2, Nivel Sectorial (Categorías de fuente)

La estratificación de información sectorial comenzó desde la búsqueda de datos de actividad referencial en la primera fase, esto como resultado de la diferencia de disponibilidad de información entre los diferentes combustibles.

Para la industria se buscó la información que permitió encontrar los combustibles fósiles de uso industrial, así como generar una su clasificación para representar el consumo que reciben dentro de los diferentes giros industriales. Para ello se utilizó la base de datos COA 2005, cuyo origen es el sector industrial; la información se complementó con información utilizada como datos sustitutos extraída de las publicaciones del INEGI referidos a sectores o actividades que destacan en el ámbito económico del país.

La generación de energía eléctrica también requirió separar los datos de actividad correspondientes a la generación de energía de uso público y la de uso privado; la información necesaria fue obtenida de COA 2005, de las publicaciones de la SENER, así como de la consulta de textos científicos.

En otros casos esta fase estuvo dedicada a buscar datos de actividad para combustibles que se sabe dentro del conocimiento popular son utilizados en ciertos sectores, ejemplo de esto, el diesel que se consume en el sector agrícola, y para el cual no existen datos reportados en las publicaciones de la SENER, ni tampoco en la base de datos del SIE, por lo tanto, se consultó en las bases de datos relacionadas con los subsidios que el gobierno federal otorga al diesel agropecuario, esta base de datos pertenece a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), los datos publicados representan la cantidad en pesos que se ha otorgado por ciudad y posteriormente por municipio, para el subsidio de diesel.

Finalmente para el sector transporte se realizó la estimación de emisiones de fuentes vehiculares a partir de dos metodologías, la primera fue a partir de la obtención de los datos de actividad del estado, en la segunda se aplicaron más de dos mil encuestas distribuidas entre las regiones del estado para aplicar el modelo

de cálculo de emisiones MOBILE6 a partir de las características específicas de los patrones de consumo a nivel regional y posteriormente estatal.

3.1.3 Fase 3, Nivel Municipal

Finalmente se intentó y logró desagregar los datos de actividad a nivel municipal, para ello se buscó información municipal con la desagregación sectorial.

Para el sector doméstico se identificó que el Gas Natural se consume en un cien por ciento en la capital del estado. Posteriormente mediante estadísticas estatales de (INEGI, 2005, pág. 95) obtuvimos el porcentaje de viviendas utilizan Gas LP y el de viviendas que utilizan leña, los cuales al ser equipararlos con el índice de marginación muestran una alta y lógica correlación, por lo tanto para definir qué cantidad de leña se consume al interior de cada municipio se tomó como referencia la escala utilizada para representar este índice, y se les asignó el consumo per cápita de leña en kg/día que se obtuvo de las encuestas de campo realizadas por el equipo de trabajo del PEACC.

Para el Gas LP se aplicó el índice municipal de INEGI 2005 que muestra el porcentaje de viviendas que consumen este combustible.

Para el sector comercial se utilizó la base de datos DENUE del INEGI que contiene una clasificación por tipo de giro comercial y en la cual aparece la información necesaria para ubicar geográficamente a cada comercio, con base a esto se clasificó a los comercios cuyo giro era susceptible de usar gas LP o gas natural en sus procesos, y posteriormente se le asignó un porcentaje a cada municipio.

En el sector agrícola se recurrió a la base de datos de SAGARPA, referentes al subsidio del diesel agrícola, en esta base muestra el total de pesos asignados a cada municipio del estado como parte del subsidio, no se encontró otro tipo de información similar por lo tanto el porcentaje asignado a cada municipio se utilizó como referencia la desagregación de datos tanto del diesel como del gas LP.

Se identificó para industria la ubicación geográfica de las empresas incluidas en las COA 2005, las cuales en la fase dos fueron también clasificadas por giro industrial, y a partir de esta información se les asignó el porcentaje de consumo a cada municipio, de manera destacable este grado de detalle nos permite identificar las industrias energo intensivas por giro industrial y su concentración geográfica.

Las empresas dedicadas a la generación de energía tanto pública como privada fueron identificadas geográficamente mediante su razón social, posteriormente los datos de actividad obtenidos en las fases anteriores y que corresponden a cada una de ellas fue asignado al municipio en el que se ubican.

Finalmente para las fuentes móviles se utilizó la base de datos del parque vehicular de San Luis Potosí actualizada al año 2009, en ella se proporcionan datos específicos de la flota vehicular tales como: modelo, marca, municipio y tipo de combustible, con esta información se llevó a cabo la clasificación altamente detallada, para obtener el porcentaje de la flota vehicular correspondiente a cada municipio.

3.1.4 Datos de actividad del consumo de Energía Eléctrica

Para esta categoría se utilizó la información que ofrece la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual se muestra desagregada a nivel sectorial. En este nivel de desagregación (sectorial) la información proporcionada por CFE es suficiente, mas sin embargo para lograr representar el consumo a nivel estatal se tuvo que recurrir a aplicar una serie de consideraciones entre las que se encuentra, la actividad estatal obtenida para los diferentes sectores, a partir de la cual se obtuvo un porcentaje de participación para posteriormente asignarle la cantidad de energía eléctrica correspondiente.

3.2 Elección del método de estimación de emisiones

La estimación de las emisiones es determinante en la elaboración de todo IEGEI, es la fase en que se ensamblan las piezas recabadas por ello es importante elegir el método adecuado para calcular las emisiones que corresponden al sector energía.

“En el capítulo 1, "Energía", de las *Directrices del IPCC*, se describen tres métodos: dos métodos de nivel 1 (el "método de referencia" y el "método sectorial") y el método de nivel 2/nivel 3 (un método detallado de base tecnológica, también denominado método "*de abajo hacia arriba*"). (GBP, IPCC, 1996, pág. 8)

La elección del método está vinculado al grado de detalle de los datos de actividad recabados, y no siempre resulta sencillo elegir el método adecuado, sobre todo cuando la experiencia en la elaboración de IEGEI es escasa, ante tal panorama resulta de gran utilidad utilizar el árbol de decisiones, el cual es recomendado por la guía de las buenas prácticas (GBP). El Árbol de Decisiones de la **Figura 5**, es el que se describe en la sección 2.1 de la GBP para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes fijas de combustión.

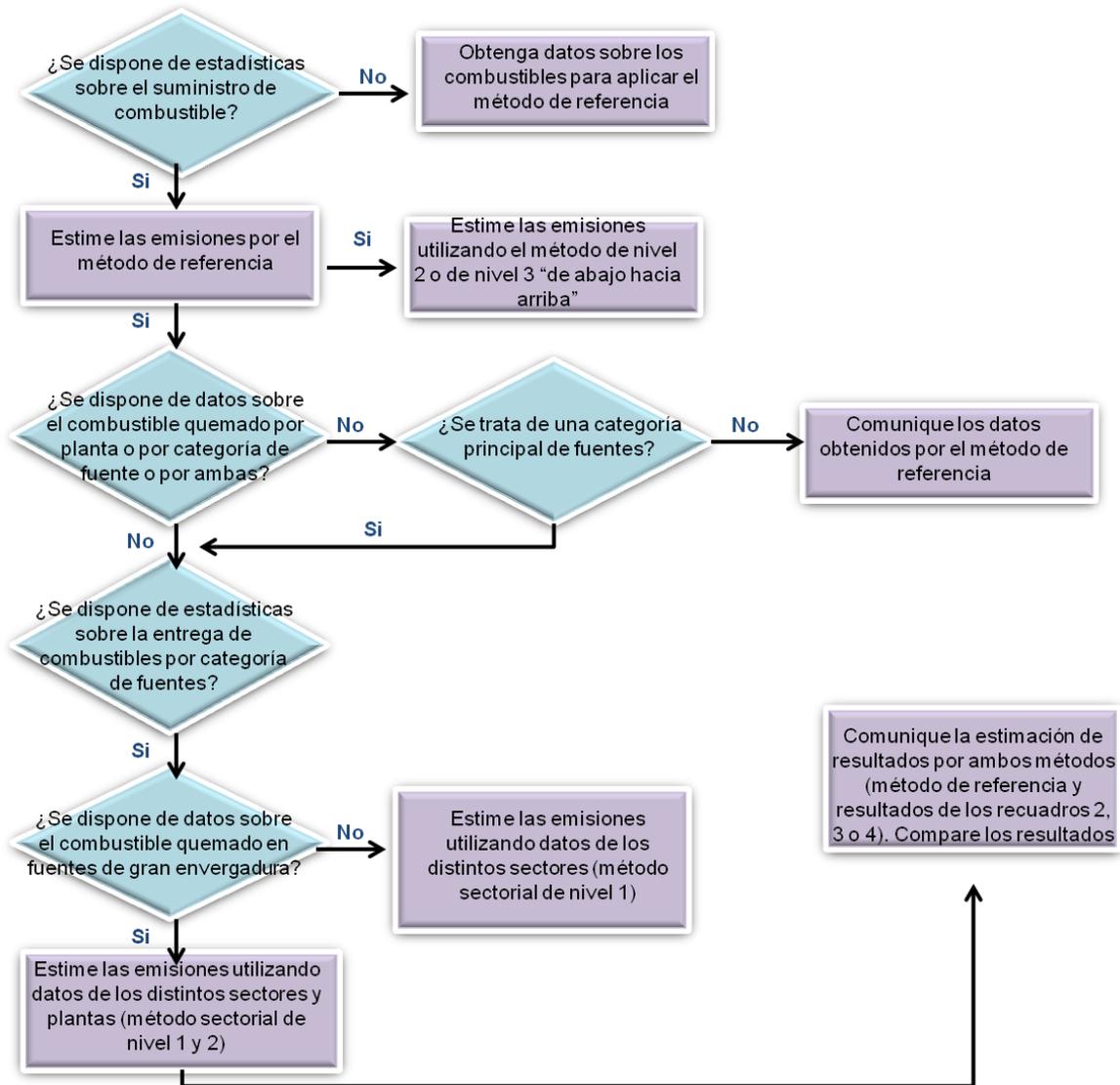
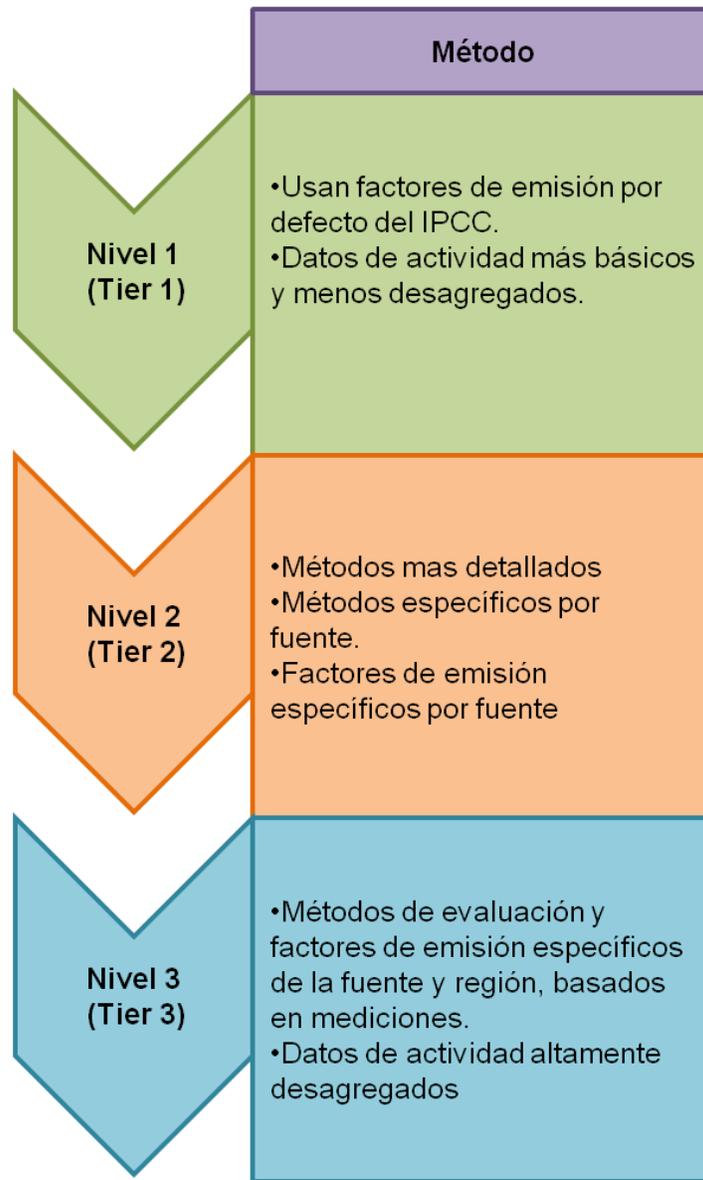


Figura 5. Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes fijas de combustión.

Fuente: (GBP, IPCC, 1996, pág. 10).

Con base en el Árbol de decisiones, se determinó que el IEEGEI sector energía fuese elaborado mediante el **método "de abajo hacia arriba" con un grado de detalle del nivel 2**, en la **Figura 6** se muestran las características definidas para cada uno de los 3 niveles (denominados también como Tier) en los que se puede elaborar un inventario.

Figura 6. Jerarquización de los métodos de estimación de emisiones de GEI.



Fuente: (Braatz & Doorn, 2008, pág. 21).

3.3 Elección de los Factores de Emisión

Una característica del Nivel 2 es que los factores de emisión son específicos para las características de la región de estudio, lo cual fue posible gracias a que año con año la SENER publica en el Balance Nacional de Energía los poderes caloríficos de los combustibles comercializados en el territorio nacional; por lo

tanto, los factores de emisión que por defecto proporciona el IPCC, se volvieron específicos para México al multiplicar el Poder Calorífico correspondiente a cada uno de los combustibles fósiles y al año de la serie de tiempo (realizando previamente las conversiones pertinentes), por el factor de emisión correspondiente a cada combustible y para cada uno de los GEI. Los factores de emisión obtenidos se muestran en el **Anexo 1** de este documento.

3.4 Cálculo de Emisiones

El cálculo de emisiones se realizó mediante la aplicación de una sencilla fórmula.

Dato de actividad x Factor de Emisión x Potencial de Calentamiento

La complejidad de este proceso consiste en asegurar que los cálculos se están realizando adecuadamente y la manera de comprobarlo es aplicando las actividades de GC/CC, o bien comparar la congruencia de los resultados obtenidos contra los resultados de otros inventarios, ejemplo; el Inventario Nacional o el de algún otro estado.

3.5 Fuentes Móviles y MOBILE6

Las emisiones generadas por las fuentes móviles fueron calculadas a partir de dos metodologías; la primera de ellas consistió en la recopilación de datos de actividad del consumo de gasolinas, diesel y gas LP (explicado ya previamente), y la segunda metodología se basa en el desarrollo de factores de emisión específicos para SLP a partir del Modelo MOBILE6.

“MOBILE6 calcula factores de emisión para 28 diferentes categorías vehiculares, las cuales son conformadas con base en criterios tales como uso del vehículo, tipo de combustible empleado, peso bruto vehicular y

tecnología del motor. Adicionalmente, para cada categoría vehicular MOBILE6 es capaz de estimar factores de emisión para 25 años-modelo, dentro de los años calendario 1952 a 2050” (INE, 2007, pág. 48).

Los contaminantes para los cuales MOBILE6 genera factores de emisión en unidades de gramos de contaminante emitido por milla recorrida son HC Hidrocarburos, CO Monóxido de Carbono, NO_x óxidos de nitrógeno, CO₂ Bióxido de Carbono, PM₁₋₁₀ Partículas desde 1.0 hasta 10.0 μ, Pb Plomo, SO₂ Bióxido de Azufre, NH₃ Amoníaco, BENZ benceno, entre otros.

Las características de este inventario de fuentes móviles radican en la ejecución del programa para calcular las emisiones generadas en las cuatro regiones del estado durante los años 2000, 2003 y 2006. Por lo tanto el programa MOBILE6 se ejecutó en doce ocasiones.

Los datos recabados para alimentar MOBILE6 son datos primarios, esto quiere decir que son los mínimos requeridos para generar un inventario básico.

Los datos primarios para un inventario incluyen:

- Datos de actividad vehicular que cubran la región del inventario en su totalidad (típicamente KRV o consumo de combustible), agrupados para coincidir con los datos del factor de emisión disponibles
- Estándares de emisión vehicular por año y modelo
- Velocidades vehiculares promedio
- Factores de emisión por tipo de vehículo, tipo de combustible, año, modelo y velocidad de manejo
- Datos de la composición del combustible para la región del inventario, por estación, incluyendo contenido de azufre, oxígeno y plomo, y presión de vapor Reid (PVR)
- Distribución del parque vehicular por año y modelo, incluyendo la fracción de vehículos no registrados y extranjeros
- Condiciones locales de altitud y temperatura ambiente

- Tasas de acumulación anual de kilómetros por vehículo, por clase vehicular, modelo y año

Para recabar los datos se realizó lo siguiente:

KRV Kilómetros Recorridos por Vehículo: se aplicaron más de dos mil encuestas en los municipios que constituyen el setenta y cinco por ciento de la flota vehicular y representan a una de las cuatro regiones del estado (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Municipios de San Luis Potosí que concentran el setenta y cinco por ciento de la flota vehicular del estado.

Municipio	Región	% de la flota vehicular
Zona metropolitana de San Luis Potosí	Centro	53,7 %
Soledad de Graciano Sánchez	Centro	7,3 %
Ciudad Valles	Huasteca	6,4 %
Rioverde	Media	3,8 %
Matehuala	Altiplano	3,8 %

La encuesta se aplicó a los clientes de diversas gasolineras, y consistió en cinco preguntas a través de las cuales se obtuvo una media regional de los KRV por tipo de vehículo. Estas preguntas fueron 1.- Tipo de vehículo, 2.- año modelo del vehículo, 3.- Tipo de gasolina que usa, 4.- consumo semanal de gasolina, y 5.- kilómetros recorridos del vehículo; con la adecuada clasificación y análisis de la información se determinó.

- **Velocidades vehiculares promedio:** Se solicitó a la Secretaria de Tránsito Municipal información referente a *velocidades promedio de las principales arterias viales del estado*; esta solicitud fue negada, manifestando que dicha institución no cuenta con información de esta índole.

Con base a lo anterior se determinó realizar un estudio urbano, el cual requirió para su desarrollo, las características de un vehículo público en su modalidad de Taxi. Para esto se solicitó la cooperación a un operador de taxi, quien durante una semana registró en una bitácora la siguiente información:

1. lugar de abordó (del pasajero)
2. duración del recorrido
3. destino final del pasajero
4. cuota del taxímetro
5. tipo de tarifa (diurna/nocturna)

Con base a esta variada recopilación de datos se determinó el promedio de la velocidad vehicular en el estado, a partir de la velocidad promedio con la que se trasladó el taxi a través de la ciudad, por los diferentes trayectos y horarios.

- **Composición del combustible** para la región del inventario, por estación, incluyendo: contenido de azufre, y presión de vapor Reid (PVR); se obtuvo de la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, ESPECIFICACIONES DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL** (SEMARNAT-SENER, 2006, pág. 9).
- **Condiciones locales de altitud y temperatura ambiente:** la información por municipio se obtuvo al consultar la página del Sistema Meteorológico Nacional.
- **Distribución del parque vehicular por año y modelo, incluyendo la fracción de vehículos no registrados y extranjeros:** Se realizó una clasificación detallada de la información contenida en la base de datos del parque vehicular del estado San Luis Potosí actualizada al año 2009. La clasificación final se realizó con base a la clasificación para las 28 diferentes categorías vehiculares que propone el MOBILE6 (véase **Cuadro 3**).

Cuadro 3. Clasificación Vehicular MOBILE6.

Number	Abbreviation	Description
1	LDGV	Light-Duty Gasoline Vehicles (Passenger Cars)
2	LDGT1	Light-Duty Gasoline Trucks 1 (0-6,000 lbs. GVWR, 0-3750 lbs. LVW)
3	LDGT2	Light-Duty Gasoline Trucks 2 (0-6,000 lbs. GVWR, 3751-5750 lbs. LVW)
4	LDGT3	Light-Duty Gasoline Trucks 3 (6,001-8,500 lbs. GVWR, 0-5750 lbs. ALVW)
5	LDGT4	Light-Duty Gasoline Trucks 4 (6,001-8,500 lbs. GVWR, 5751 lbs. and greater ALVW)
6	HDGV2B	Class 2b Heavy-Duty Gasoline Vehicles (8501-10,000 lbs. GVWR)
7	HDGV3	Class 3 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (10,001-14,000 lbs. GVWR)
8	HDGV4	Class 4 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (14,001-16,000 lbs. GVWR)
9	HDGV5	Class 5 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (16,001-19,500 lbs. GVWR)
10	HDGV6	Class 6 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (19,501-26,000 lbs. GVWR)
11	HDGV7	Class 7 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (26,001-33,000 lbs. GVWR)
12	HDGV8A	Class 8a Heavy-Duty Gasoline Vehicles (33,001-60,000 lbs. GVWR)
13	HDGV8B	Class 8b Heavy-Duty Gasoline Vehicles (>60,000 lbs. GVWR)
14	LDDV	Light-Duty Diesel Vehicles (Passenger Cars)
15	LDDT12	Light-Duty Diesel Trucks 1 and 2 (0-6,000 lbs. GVWR)
16	HDDV2B	Class 2b Heavy-Duty Diesel Vehicles (8501-10,000 lbs. GVWR)
17	HDDV3	Class 3 Heavy-Duty Diesel Vehicles (10,001-14,000 lbs. GVWR)
18	HDDV4	Class 4 Heavy-Duty Diesel Vehicles (14,001-16,000 lbs. GVWR)
19	HDDV5	Class 5 Heavy-Duty Diesel Vehicles (16,001-19,500 lbs. GVWR)
20	HDDV6	Class 6 Heavy-Duty Diesel Vehicles (19,501-26,000 lbs. GVWR)
21	HDDV7	Class 7 Heavy-Duty Diesel Vehicles (26,001-33,000 lbs. GVWR)
22	HDDV8A	Class 8a Heavy-Duty Diesel Vehicles (33,001-60,000 lbs. GVWR)
23	HDDV8B	Class 8b Heavy-Duty Diesel Vehicles (>60,000 lbs. GVWR)
24	MC	Motorcycles (Gasoline)
25	HDGB	Gasoline Buses (School, Transit and Urban)
26	HDDBT	Diesel Transit and Urban Buses
27	HDDBS	Diesel School Buses
28	LDDT34	Light-Duty Diesel Trucks 3 and 4 (6,001-8,500 lbs. GVWR)

Fuente: (EPA (Environmental Protection Agency), 2003, pág. 244).

Recabada la información, lo siguiente fue alimentar el modelo MOBILE6 para cada una de las doce corridas. Posteriormente el modelo entregó factores de emisión específicos considerando, tipo de contaminante, año modelo y tipo de vehículo. El cálculo de emisiones se realizó al aplicar la siguiente fórmula:

No de vehículos por categoría x KRV x Factor de emisión

Después de desarrollar esta metodología se analizaron los resultados obtenidos comparando las emisiones obtenidas a partir de la aplicación de ambas metodologías.

3.6 Tendencias en las emisiones de GEI

Para proyectar la tendencia de las emisiones de GEI sector de energía para los años 2010, 2020 y 2030, fue prioritario establecer un sistema de recopilación de datos de actividad de alta confiabilidad, para lo cual se determinó utilizar los datos que la Secretaría de Energía publica anualmente en sus diferentes *Prospectivas de petrolíferos, las cuales son generadas* con fundamento en el artículo 26, Fracción XIV del Reglamento Interior de la Secretaría de energía, con el propósito de brindar información confiable y actual sobre la evolución del mercado de petrolíferos y la industria de refinación en la última década, y a su vez mostrar un análisis del comportamiento esperado en el período prospectivo. (SENER, 2010, pág. 21)

Considerando las variaciones previstas en el mercado de petrolíferos en el periodo analizado se obtuvo el incremento o decremento porcentual anual que se refleja en la prospectiva para cada uno de los combustibles, posteriormente esta variación se aplicó a los datos de actividad de los años 2006-2025. Finalmente se revisó si los resultados eran coherentes con las proyecciones de petrolíferos de la SENER.

El año 2025 es el último año prospectivo publicado por la SENER, por lo que para complementar los datos de actividad al año 2030 se aplicó la tmca (tasa media de crecimiento anual), esta es un dato elemental que se incluye en cada uno de los cuadros prospectivos.

3.7 Cálculo de Incertidumbre

“La Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Guía de las Buenas Prácticas) recomienda ampliamente estimar la incertidumbre de las emisiones de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Robles, 2002, pág. 9)”.

“Las estimaciones de la incertidumbre son un elemento esencial de un inventario de emisiones completo. La información sobre la incertidumbre no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones de inventarios, sino a ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre elección de la metodología (Penman & Habetsion, 1996, pág. 5)”.

Para evaluar la incertidumbre de las categorías de fuentes de este inventario, se aplicó la metodología descrita en la sección 6.3.2. Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificadores de la Guía de las Buenas Prácticas en esta metodología se estima la incertidumbre para cada categoría de fuentes usando la ecuación de propagación de errores que consiste en la combinación simple de las incertidumbres por categoría de fuentes para estimar la incertidumbre general para el año en curso y la incertidumbre en la tendencia de las emisiones.

Para emplear esta metodología se utilizó el **Cuadro 4. Cálculo y presentación de la incertidumbre.**, “Cálculo y presentación de la incertidumbre”, el cual de acuerdo a lo recomendado en la sección 6.3.2. Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificadores de la Guía de las Buenas Prácticas, fue elaborado en una hoja de cálculo para aplicar las formulas sin errores y de forma metódica.

Cuadro 4. Cálculo y presentación de la incertidumbre.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categoría de fuentes del IPCC	Gas	Emisiones año base	Emisiones año t	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Sensibilidad de tipo A	Sensibilidad de tipo B	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\frac{G \cdot D}{\sum D}$	Nota B	$\frac{D}{\sum C}$	I • F Nota C	J • E • $\sqrt{2}$ Nota D	$\sqrt{K^2 + L^2}$
		Gg equivalente CO ₂	Gg equivalente CO ₂	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Por ej. 1.A.1. Combustible 1 para industrias de energía	CO ₂											
Por ej. 1.A.1. Combustible 2 para industrias de energía	CO ₂											
Etc...	...											
		$\sum C$	$\sum D$				$\sqrt{\sum H^2}$					$\sqrt{\sum M^2}$
Total												

Cuadro 4. Cálculo y presentación de la incertidumbre (CONTINUACIÓN).

A (cont.)	B (cont.)	N	O	P	Q
Categoría de fuentes del IPCC	Gas	Indicador de calidad del factor de emisión	Indicador de calidad de los datos de actividad	Números de referencia del dictamen de expertos	Número de referencia de la nota al pie
		Nota E	Nota E		
P.ej. 1.A.1. Combustible 1 para industrias de energía	CO ₂				
P.ej. 1.A.1. Combustible 2 para industrias de energía	CO ₂				
Etc...	...				
Total					

Fuente: (Penman & Habetsion, 1996, pág. 18).

Las columnas del **Cuadro 4** están identificadas con letras que van de la **A** a la **Q**, es relevante mencionar que las columnas **E** y **F** contienen las incertidumbres para los datos de actividad y factores de emisión respectivamente, los cuales han sido derivados de una **mezcla de datos empíricos** y **dictamen de expertos**, posteriormente la columna **G** es la incertidumbre combinada por categoría de fuentes derivada de los datos de las columnas **E** y **F** usando la ecuación de propagación de errores.

3.7.1 Incertidumbre en los factores de emisión

La incertidumbre del factor de emisión utilizado para el CO₂ se tomó de la sección 2.1.1.6. Evaluación de la incertidumbre de la Guía de las Buenas Prácticas, que recomienda usar un valor de 5% o inferior para los combustibles comercializados (Robles, 2002, pág. 11).

En el caso específico del CH₄ y del N₂O se utilizaron las incertidumbres extraídas de las calificaciones de la guía del EMEP/CORINAIR (EMEP/CORINAIR, 1999), mostradas en el **Cuadro 5**, las cuales son recomendadas en las directrices del IPCC por no existir estimaciones específicas para México.

Cuadro 5. Estimación de la incertidumbre por defecto de los factores de emisión de las fuentes fijas de combustión.

Sector	CH ₄	N ₂ O
Suministro público de energía eléctrica, generación conjunta y calefacción por distritos	50%-150%	Orden de magnitud ^a
Combustión comercial, institucional y residencial	50%-150%	Orden de magnitud
Combustión industrial	50%-150%	Orden de magnitud
Agricultura/silvicultura/pesca	No declarado	No declarado

^a Es decir que tiene un rango de incertidumbre que va de un décimo del valor medio a diez veces el valor medio.
Fuente: Dictamen del Grupo de expertos (véase Copresidentes, Editores y Expertos; Fuentes fijas de combustión).

Fuente: (Simmons & Tichy, 1996, pág. 42).

Para el CH₄ se utilizó una incertidumbre del 100% puesto que los factores de emisión utilizados son los del IPCC versión revisada de 1996, para el N₂O se utilizó también una incertidumbre del 100%, pero se aplicó la nota correspondiente definida como orden de magnitud, la incertidumbre final utilizada para cada uno de los gases se muestra en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Incertidumbre en los factores de emisión.

SECTOR	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Suministro público de energía eléctrica	5%	100%	1000%
Combustión comercial, institucional y residencial	5%	100%	1000%
Combustión industrial	5%	100%	1000%
Agricultura	5%	100%	1000%

Fuente: Elaboración propia con datos de (Simmons & Tichy, 1996).

3.7.2 Incertidumbre en los datos de actividad

Al momento de comunicar las incertidumbres se pueden utilizar los rangos de incertidumbre de los datos de actividad que se indican en el **Cuadro 7**, *Grado de incertidumbre asociada a los datos de actividad de las fuentes fijas de combustión*. “Es una *buena práctica* que los organismos a cargo de los inventarios estimen, si es posible, las incertidumbres específicas de sus respectivos países, recurriendo al dictamen de los expertos o al análisis estadístico (Simmons & Tichy, 1996, pág. 43)”.

Cuadro 7. Grado de Incertidumbre asociada a los datos de actividad de las fuentes fijas de combustión.

Sector	Sistemas estadísticos avanzados		Sistemas estadísticos menos avanzados	
	Encuestas	Extrapolaciones	Encuestas	Extrapolaciones
Electricidad pública, generación conjunta y calefacción por distritos	menos de 1%	3%-5%	1%-2%	5%-10%
Combustión comercial, institucional y residencial	3%-5%	5%-10%	10%-15%	15%-25%
Combustión industrial (Industrias que hacen un uso intensivo de energía)	2%-3%	3%-5%	2%-3%	5%-10%
Combustión industrial (otras)	3%-5%	5%-10%	10%-15%	15%-20%
Biomasa en fuentes pequeñas	10%-30%	20%-40%	30%-60%	60%-100%

El organismo a cargo del inventario deberá decidir cuál es el sistema estadístico que mejor describe las circunstancias nacionales.
Fuente: Dictamen del Grupo de expertos (véase Copresidentes, Editores y Expertos; Fuentes fijas de combustión).

Fuente: (Simmons & Tichy, 1996, pág. 43)

Finalmente para obtener la incertidumbre en los datos de actividad que se utilizó para este inventario y que se muestra en el **Cuadro 8** se consideró lo siguiente:

- Los datos de actividad referentes a los combustibles fósiles que se consumen en las categorías de fuente Generación de Energía, Agricultura Gas LP, Combustión comercial, institucional y residencial se obtuvieron de fuentes que son consideradas como sistemas estadísticos avanzados y en los años donde se carecía de datos se realizaron las ecuaciones pertinentes para estimar los datos faltantes, por lo tanto se les asignó un porcentaje del 5% en la incertidumbre de los datos de actividad; mismo porcentaje que se le asignó a los datos de actividad de la Biomasa sector Industrial (Bagazo de caña), de la cual los datos no se obtuvieron del SIE, estos se obtuvieron del sitio web de la Unión Nacional de Cañeros, A.C. la cual contiene información muy específica y de gran calidad para diferentes años por lo que se considera un sistema estadístico avanzado.
- Combustión industrial se obtuvo de la información de la Cedula de Operación Anual (COA) aunque en este documento se detectaron varios errores principalmente en la captura de los datos provenientes de la fuente que emite la información (industrias), razón por la que los datos fueron comparados y perfeccionados con otras fuentes de información, como lo es el SIE, considerando que en este rubro se encontraron un número mayor de inconsistencias se le asignó un porcentaje de incertidumbre del 15% considerando que los datos de este rubro provienen de sistemas estadísticos menos avanzados.
- Los consumos de Biomasa del sector residencial y el diesel agrícola han sido ubicados dentro de Sistemas Estadísticos menos avanzados, para el caso de la leña del sector doméstico por haberse realizado encuestas de campo por el equipo de trabajo del PEACC se le asignó un porcentaje de incertidumbre en los datos de actividad del 15%, tal como lo propone el **Cuadro 7**; para el diesel agrícola se asignó un porcentaje de incertidumbre

del 20% por que se consideró a la fuente de información un Sistema Estadístico menos avanzado.

Cuadro 8. Incertidumbre en los datos de actividad, obtenida mediante dictamen de expertos y utilizada en el IEEGEI sector energía 2000-2006.

Descripción	Porcentaje (%)
Generación de energía eléctrica	5%
Combustión comercial, institucional y residencial	5%
Combustión industrial	15%
Biomasa sector industrial (Bagazo de caña)	5%
Biomasa sector residencial	15%
Agricultura diesel	20%
Agricultura gas LP	5%

Fuente: Elaboración propia con datos de (Simmons & Tichy, 1996).

3.8 Plan de Garantía de Calidad y Control de Calidad (GC/CC)

Para garantizar la GC/CC del IEEGEI sector energía se elaboró un procedimiento basado en el cuadro 8.1, “Procedimientos generales de CC de nivel 1 para los inventarios”, donde se enumeran los exámenes generales de CC que deben ser usados a lo largo del periodo de preparación del inventario. Tal como lo propone el capítulo 8 de *Garantía de la calidad y control de calidad de la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* los exámenes que se muestran en el **Cuadro 9** fueron realizados mediante confrontaciones, nuevos cálculos o inspecciones visuales.

Cuadro 9. Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios.

Actividad de CC	Procedimientos
Examine que se documentan los supuestos y criterios de selección de datos de actividad y factores de emisión.	<ul style="list-style-type: none"> • Confronte las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías de fuentes y asegúrese de que se registran y archivan correctamente.
Examine si hay errores de transcripción en las entradas de datos y referencias.	<ul style="list-style-type: none"> • Confirme que las referencias de datos bibliográficos se citan correctamente en la documentación interna. • Confronte una muestra de datos de entrada de cada categoría de fuentes (mediciones o parámetros usados en los cálculos) para ver si hay errores de transcripción.
Examine que las emisiones han sido calculadas correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduzca una muestra representativa de los cálculos de emisiones. • Imite selectivamente cálculos de modelos complejos con cálculos abreviados para juzgar su exactitud relativa.
Examine que los parámetros y unidades de emisión están registrados correctamente y que se usan factores de conversión apropiados.	<ul style="list-style-type: none"> • Examine que las unidades están debidamente rotuladas en las hojas de cálculo. • Examine que las unidades se transportan correctamente desde el principio al fin de los cálculos. • Examine que los factores de conversión son correctos. • Examine que se usan correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.
Examine la integridad de los archivos de la base de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Confirme que las etapas apropiadas del tratamiento de los datos están correctamente representadas en la base de datos. • Confirme que las relaciones entre los datos están correctamente representadas en la base de datos. • Asegúrese de que los campos de datos están debidamente rotulados y tienen las especificaciones de diseño correctas. • Asegúrese de que se ha archivado suficiente documentación de la base de datos y la estructura y operación del modelo.
Examine la coherencia de los datos entre categorías de fuentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifique parámetros (por ej., datos de actividad, constantes) que son comunes para múltiples categorías de fuentes y confirme que hay coherencia en los valores usados para esos parámetros en los cálculos de las emisiones.
Examine que es correcto el movimiento de datos del inventario entre las etapas del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Examine que los datos de emisiones están correctamente agregados desde niveles inferiores de presentación hasta niveles superiores de presentación cuando se preparan resúmenes. • Examine que los datos de emisiones se transcriben correctamente entre diferentes productos intermedios.

Cuadro 9. Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios.
(CONTINUACIÓN)

Actividad de CC	Procedimientos
Examine que se estiman o calculan correctamente las incertidumbres en las emisiones y absorciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Examine que son apropiadas las calificaciones de las personas que aportan dictamen de expertos para las estimaciones de la incertidumbre. • Examine que se registran las calificaciones, los supuestos y los dictámenes de expertos. Examine que las incertidumbres calculadas están completas y han sido calculadas correctamente. • Si es necesario, repita los cálculos de error o una muestra reducida de las distribuciones de probabilidad usadas por los análisis de Monte Carlo.
Proceda a una revisión de la documentación interna.	<ul style="list-style-type: none"> • Examine que existe documentación interna detallada para sustentar las estimaciones y permitir la repetición de la emisión y estimaciones de la incertidumbre. • Examine que los datos del inventario, los datos de apoyo y los registros del inventario están archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. • Examine la integridad de todos los arreglos para archivar los datos de las organizaciones externas que participan en la preparación del inventario.
Examine los cambios metodológicos y en los datos que imponen nuevos cálculos.	<ul style="list-style-type: none"> • Examine la coherencia temporal en los datos de entrada de series temporales para cada categoría de fuentes. • Examine la coherencia del algoritmo/método usado para los cálculos en toda la serie temporal.
Efectúe exámenes de la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Confirme que se presentan las estimaciones para todas las categorías de fuentes y para todos los años a partir del año base apropiado para el período del inventario en curso. • Examine que se documentan las lagunas conocidas en los datos que dan por resultado estimaciones incompletas de las emisiones en ciertas categorías de fuentes.
Compare las estimaciones con estimaciones anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada categoría de fuentes, deberían compararse las estimaciones actuales del inventario con estimaciones anteriores. Si hay cambios importantes o desviaciones con respecto a las tendencias previstas, examine nuevamente las estimaciones y explique toda diferencia.

Fuente: (Abel & Gillenwater, 2006, págs. 9-10)

Las actividades para aplicar el *Procedimiento General de Control de Calidad para el IEEGEI categoría de Energía 2000 – 2006*, el reporte de la verificación de las actividades, el responsable del cumplimiento de las verificaciones y las fechas en las que se llevaron a cabo las verificaciones se muestra en el **Cuadro 10**, algunas de las verificaciones fueron realizadas por Jorge Sarmiento Rentería de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal quien fue contratado como asesor realizar el IEEGEI categoría energía y categoría procesos industriales.

Cuadro 10. Procedimiento General de Control de Calidad para el IEEGEI de SLP sector Energía 2000-2006.

Actividad de CC	Reporte de verificación	Responsable de la verificación	Fecha de cumplimiento
Examine que se documentan los supuestos y criterios de selección de datos de actividad y factores de emisión.	<ul style="list-style-type: none"> • Fueron verificadas las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías de fuentes, estas son identificadas y archivadas adecuadamente. 	M.C. María Teresa Gutiérrez Escajeda	06 Mayo 2012
Examine si hay errores de transcripción en las entradas de datos y referencias.	<ul style="list-style-type: none"> • Se revisó la adecuada referencia bibliográfica. • Se revisaron los datos de entrada de cada categoría de fuente confrontándolos contra los archivos originales para omitir errores de transcripción. 	M.C. María Teresa Gutiérrez Escajeda	06 Mayo 2012
Examine que las emisiones han sido calculadas correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada fórmula fue revisada y se utilizaron hojas de cálculo para minimizar errores. 	M.C. Jorge Sarmiento Rentería	07 Mayo 2012
Examine que los parámetros y unidades de emisión están registrados correctamente y que se usan factores de conversión apropiados.	<ul style="list-style-type: none"> • Las unidades están debidamente rotuladas en cada una de las hojas de cálculo. • Las conversiones entre unidades han sido realizadas adecuadamente y se conservan las formulas utilizadas. 	M.C. Jorge Sarmiento Rentería	08 Mayo 2012
Examine la coherencia de los datos entre categorías de fuentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Se han identificado los combustibles fósiles que se consumen en diferentes categorías de fuente y existe coherencia en los valores usados para los cálculos de las emisiones. 	M.C. Jorge Sarmiento Rentería	08 Mayo 2012
Examine que se estiman o calculan correctamente las incertidumbres en las emisiones y absorciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Son apropiadas las calificaciones de las personas que aportan dictamen de expertos para las estimaciones de la incertidumbre. 	M.C. Jorge Sarmiento Rentería	20 Julio 2012
Examine que las incertidumbres calculadas están completas y han sido	<ul style="list-style-type: none"> • Fue revisada la metodología para el cálculo de la incertidumbre y se 	M.C. Jorge Sarmiento	20 Julio 2012

calculadas correctamente.	<p>considera adecuadamente aplicada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los datos del inventario, los datos de apoyo y los registros del inventario están archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. 	Rentería	
Efectúe exámenes de la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Existe evidencia de las estimaciones para todas las categorías de fuentes de la categoría de energía, para todos los años a partir del año base (año 2000). • Han sido documentadas aquellas estimaciones que son susceptibles de una mejora posterior debido a la calidad de la información. 	06 Mayo 2012	17 abril 2013

3.9 Documentación interna y Archivo

Tal y como se propone en el apartado 8.10 del capítulo 8 de *Garantía de la calidad y control de calidad*, es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del IEEGEI categoría energía, la misma que se ha entregado al coordinador del PEACC y que comprende lo siguiente:

- Supuestos y criterios para la selección de datos de actividad y factores de emisión;
- Factores de emisión empleados, comprendidas las referencias al documento del IPCC para los factores por defecto;
- Datos de actividad o información suficiente para permitir rastrear los datos de actividad hasta la fuente de referencia;
- Información sobre la incertidumbre asociada con los datos de actividad y los factores de emisión;
- Justificación de la elección de métodos;

- Métodos utilizados, incluso los empleados para estimar la incertidumbre;
- Cambios en las entradas de datos o en los métodos con respecto a años anteriores;

Esta información fue identificada en sus archivos de origen y adecuadamente documentada para en caso de requerirse pueda ser revisada y/o mejorada por el personal adecuado y autorizado.

CAPÍTULO 4: BALANCE ESTATAL DE ENERGÍA DE SAN LUIS POTOSÍ 2000-2006

Se realizó el primer balance de energía de SLP para el periodo 2000-2006. Se calculó la demanda total de energía en el estado y se representaron cartográficamente los flujos y consumos principales. Se identificaron los sectores de mayor demanda energética; los tipos y volúmenes de combustible utilizados para cubrir la demanda de energía estatal, incluyendo la de madera tradicionalmente subestimada. Se determinó la demanda energética por municipios. Se definieron las participaciones municipales en el consumo de energía eléctrica estatal.

El balance de energía de SLP, es el primero realizado en el estado, incluye las bases de datos y la cartografía de los flujos de energía, el consumo de energía por municipio y localidad, los sectores de mayor demanda energética; los tipos y los volúmenes de combustible cuya disponibilidad y costo influyen en el uso y/o demanda que reciben en cada una de las categorías de fuente para cubrir la demanda energética (véase **Figura 7. Relación de consumo entre Categorías de fuente y Combustibles fósiles.**). La información es básica para la construcción de un programa estatal de gestión energética; para el diseño de estrategias de mitigación y adaptación del sector energético se identifican áreas de oportunidad para disminuir la intensidad energética, incluyendo el diseño de estufas que consumen leña, consumo tradicionalmente subestimado.

Figura 7. Relación de consumo entre Categorías de fuente y Combustibles fósiles.

Balance Estatal de Energía de SLP			IEEGEI sector energía 2000-2006								
			Combustibles fósiles								
Subcategorías del sector energía definidas por el IPCC			Leña	Gas Natural	Gas LP	Gasolinas	Diesel	Combustóleo ligero	Combustóleo pesado	Coque de Petróleo	Bagazo de caña
1A Consumo de Combustibles fósiles	1A1	Generación de Energía		✓			✓		✓	✓	
	1A2	Industria		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	1A3	Transporte				✓	✓				
	1A4	Comercial		✓	✓						
	1A4	Residencial	✓	✓	✓						
	1A4	Agricultura			✓		✓				

Fuente: Elaboración propia

La demanda total de energía fue de 958,9 peta Julios (pJ) (véase **Cuadro 11**), del gran total la *generación de energía pública* demandó 287,1 pJ, equivalentes al 29,9% del total; *la industria* 249,1 pJ, lo que representa el 26,0%; y *el transporte* 236,7 pJ, lo que representó el 24,7% de la demanda total; el cuarto puesto lo ocupa *la generación de energía privada* con un 9,7% del total de la energía, o su equivalente en 93,3 pJ; le sigue *el sector doméstico* con una demanda energética de 81,3 pJ, el 8,5% de la demanda total; por último, tenemos al sector agrícola con una demanda energética de 6,8 pJ, finalmente el sector comercial con 2,5 pJ, y su porcentaje de la demanda total es 0,7% y 0,3% respectivamente (véase **Figura 8**).

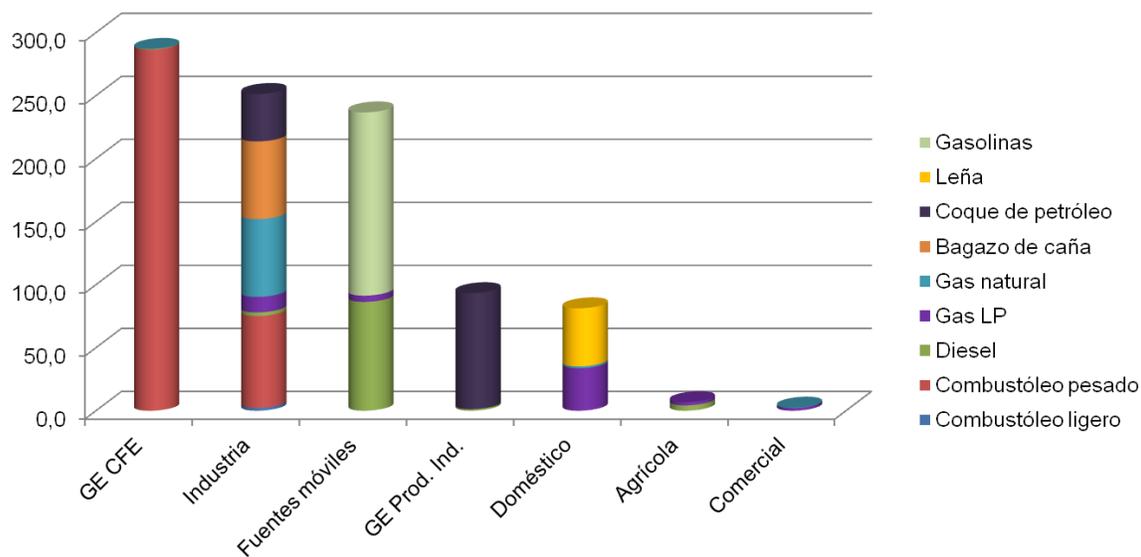
Cuadro 11. Demanda energética por tipo de combustible y categoría de fuente para el estado de San Luis Potosí durante el periodo 2000-2006, (peta Joules pJ).

	Combustóleo pesado	Gasolinas	Coque de petróleo	Diesel	Gas natural	Bagazo de caña	Gas LP	Leña	Combustóleo ligero	TOTAL
GE Pública	286,6			0,4	0,1					287,1
Industria	73,0		37,7	2,8	61,7	61,7	12,3		2,2	249,1
Fuentes móviles		145,4		86,3			5,0			236,7
GE Privada			92,1	1,2	0,0					93,3
Doméstico					1,4		33,8	46,1		81,3
Agrícola				4,3			2,5			6,8
Comercial					0,3		2,1			2,5
TOTAL	359,5	145,4	129,7	95,1	63,5	61,7	55,7	46,1	2,2	958,9

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros, A.C.

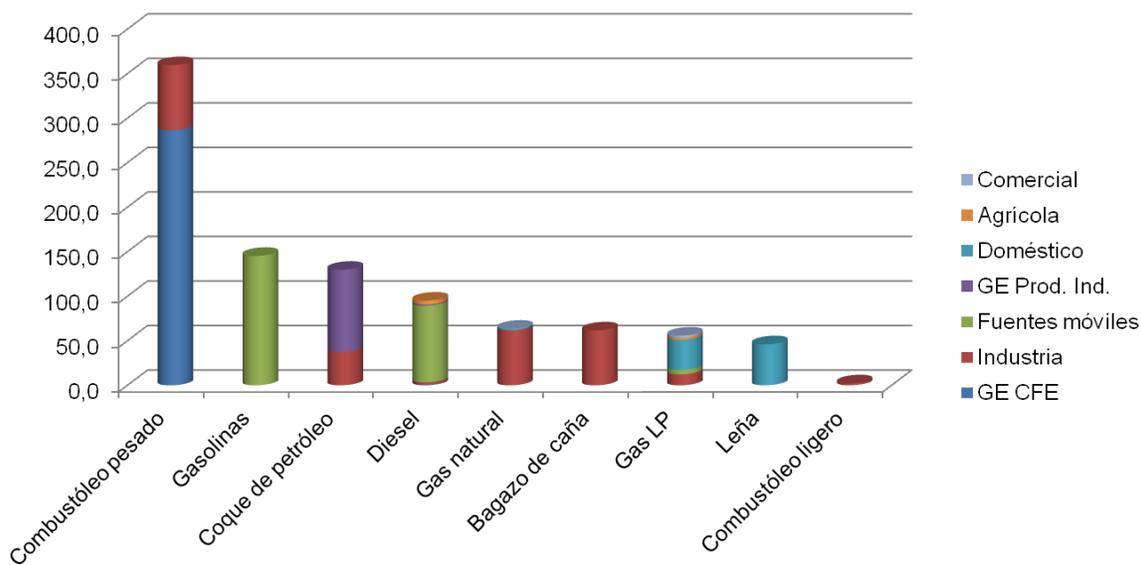
Por tipo de combustible (**Cuadro 11**) encontramos que, el combustible fósil que cubrió el 33.6% de la demanda total fue el combustóleo pesado con 359,5 pJ, siendo su principal consumidor la generación de energía pública; la siguiente mayor demanda fue para las gasolinas con 145,4 pJ; el coque de petróleo ocupa el tercer puesto con 129,7 pJ, su principal destino fue la generación de energía privada; el consumo de energía eléctrica produjo 111,5 pJ; el diesel 95,1 pJ, siendo su principal consumidor las fuentes móviles; el Gas natural generó 63,5 pJ; y el Bagazo de caña 61,7 pJ, ambos tuvieron como destino principal la industria en sus diferentes sectores; el Gas LP generó 55,7 pJ y el uso de leña 46,1 pJ, estos dos ocupan el primer y segundo lugar como los combustibles de mayor uso en el sector doméstico; por último, tenemos el combustóleo ligero que generó 2,2 pJ durante el periodo de estudio (véase **Figura 9**).

Figura 8. Demanda energética por categoría de fuente para el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros, A.C.

Figura 9. Demanda energética por tipo de combustible durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros, A.C.

4.1 Demanda energética de la gasolina

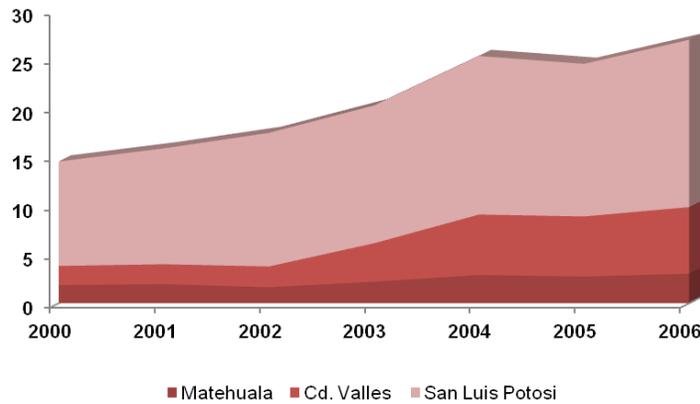
Durante el periodo 2000-2006 se consumieron en el estado un total de 145,4 peta Julios pJ, solo por consumo de gasolinas Magna y Premium, su origen son las refinerías ubicadas en Cd. Madero, Cadereyta y Salamanca, las gasolinas se distribuyen en el estado a partir de tres regiones: Ciudad Valles, Matehuala y la Zona Conurbada de San Luis Potosí, esta última fue el principal centro de distribución durante el periodo de estudio (**Cuadro 12**), así mismo se puede observar en la **Figura 10** como el consumo de este combustible tiende a la alza, en el **Cuadro 12**, podemos observar que en Rioverde, Matehuala, Ciudad Valles y la Zona Conurbada de San Luis Potosí con Soledad de Graciano Sánchez se consumió el 80% del total de la energía generada por consumo de gasolina, esto se debe a que el 70% de la flota vehicular a gasolina se encuentra ubicada en estos municipios.

Cuadro 12. Ingreso de Energía (peta Julios pJ) por consumo de Gasolina Magna y Premium, 2000-2006

Origen	Refinería de Cadereyta	Refinería de Cd. Madero	Refinería de Tula
Destino	Matehuala	Cd. Valles	San Luis Potosí
Energía	16,24 PJ	29,36 PJ	99,76 PJ

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE.

Figura 10. Ingreso de Gasolina por región (pJ/año)

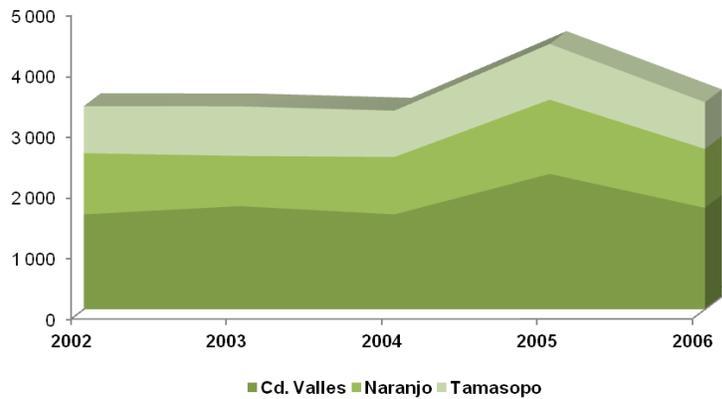


Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

4.2 Demanda energética del bagazo de caña

Durante el periodo 2000-2006 se generaron 61,7 pJ por consumo de Bagazo de caña, su uso es 100% industrial, el origen son los ingenios azucareros ubicados en los municipios de Ciudad Valles, Tamasopo y el Naranjo, de estas regiones la principal consumidora de este combustible es Ciudad Valles con un total 42,58 pJ, la segunda lugar por consumo lo ocupó Tamasopo con un total de 19,06 pJ y el tercer consumidor es el Naranjo con 0,03 pJ, las variaciones en los consumos se muestran en la **Figura 11**; en el **Mapa 2. Actividad energética por consumo de Bagazo de Caña para el periodo de estudio 2000-2006**, se observa a los municipios cañeros de Ciudad Valles, Tamasopo y el Naranjo como los principales y únicos consumidores de la energía generada en el estado a partir del Bagazo de caña.

Figura 11. Producción de Bagazo de caña por Región en Toneladas por día.



Fuente: Elaboración propia con datos de Unión Nacional de Cañeros, A.C.

4.3 Demanda energética del combustóleo ligero y pesado

El origen del combustóleo que se consume en San Luis Potosí es Ciudad Madero, Tamaulipas y durante el periodo 2000-2006 ingresaron al estado 2,2 pJ de combustóleo ligero y 359,5 pJ de combustóleo pesado, haciendo un Total de 361,7 pJ. El uso de esta energía fue en las subcategorías de Generación de Energía pública para la cual se destinaron 286,6 pJ y en segundo plano para la Industria con 75,2 pJ, las variaciones en el consumo se muestran en la **Figura 12**, donde es claro que para el período 2002 este petrolífero presentó una importante caída en su consumo para la Generación de Energía, la cual es para uso público, recuperándose posteriormente en el año 2003; en el contexto nacional encontramos que:

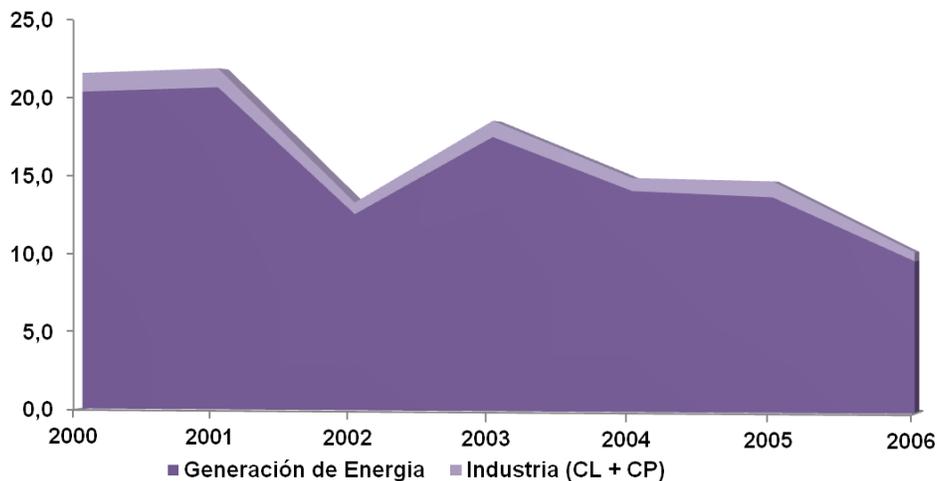
“Durante 2003, la demanda interna de combustóleo se ubicó en 397,0 Miles de Barriles Diarios (MBD). La distribución del consumo que los sectores eléctrico, industrial, petrolero y transporte tuvieron fue de 73.3%, 15.6%, 10.7% y 0.4% respectivamente. Al igual que los dos años anteriores, en el 2003 se presentó un decremento anual de la demanda de 10.7%, resultado de una disminución de la actividad en el sector industrial y el aumento de la

utilización de gas natural en el sector eléctrico público” (SENER, 2004, pág. 50),

Lo cual deja ver que esta misma caída se presentó a nivel nacional.

“El combustóleo fue el petrolífero que más se utilizó para la generación de energía eléctrica en este sector. La demanda de este combustible estuvo fuertemente influida por el precio del gas natural y de su oferta disponible, de la tecnología disponible en las centrales eléctricas, y de las características ambientales de la zona donde se utilizó.” (SENER, 2004, pág. 50)

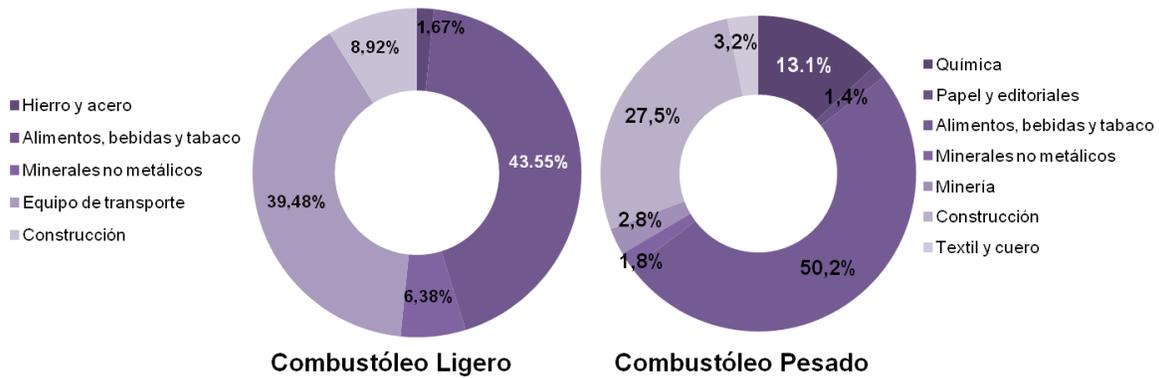
Figura 12. Consumo de Combustóleo por categoría de fuente en MBD.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

De la Energía Total destinada para la industria solo el 2.9% es por uso del combustóleo ligero, en el estado su uso es absolutamente industrial (véase **Figura 13**), sus principales consumidores son la Industria de Alimentos, bebidas y tabaco con el 43,6% y la industria de Equipo de transporte con el 39,5%; El combustóleo pesado genera el 97% de la energía destinada a la industria y en la **Figura 13** destaca que 50,2% es destinado nuevamente a la industria de Alimentos, bebidas y tabaco y el 27,5% es la industria de la construcción.

Figura 13. Consumo de Combustóleo Ligero y Pesado en la Industria.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

En el **Mapa 3. Actividad energética por consumo de Combustóleo para el periodo de estudio 2000-2006**, se puede apreciar donde están ubicados geográficamente los principales consumidores de la energía por consumo de combustóleo tanto ligero como pesado, del total de esta energía, el 79% se consume en el municipio de Villa de Reyes para la generación de energía eléctrica del sector público, los demás municipios destacan por actividad industrial.

4.4 Demanda energética del coque de petróleo

El coque de petróleo que se consume en San Luis Potosí tiene dos orígenes con relación al destino donde se consume esta energía, estos pueden ser tanto para la Industria o para la Generación de Energía, en este caso autogeneración de energía para uso privado.

“El coque de petróleo producido en la refinería de Cd. Madero se consume en conjunto con el coque de petróleo importado de la refinería de Houston para generar una potencia eléctrica de 460 mW mediante el complejo termoeléctrico de Tamuín, San Luis Potosí (2 unidades de 230 mW).” (González, Longoria, & Urquiza, 2008, pág. 102)

De acuerdo con (SENER, 2004) el otro uso que se le da al coque de petróleo en San Luis Potosí es dentro de la industria de la construcción, específicamente producción de cemento.

“Con respecto al coque de petróleo producido en la refinería de Cadereyta éste ha sido utilizado fundamentalmente en la industria del cemento (CEMEX).” (González, Longoria, & Urquiza, 2008, pág. 102)

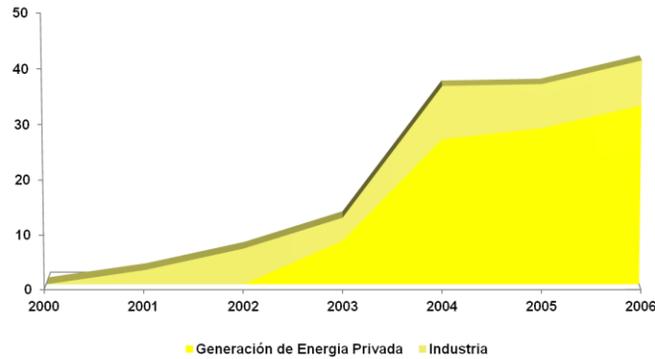
Así mismo resulta interesante la proyección realizada en las Prospectivas de petrolíferos del año 2006 donde se menciona que:

“Se espera que el coque de petróleo mantenga el impulso que se le ha dado en los últimos años, en virtud de que resulta atractivo como sustituto del gas natural y del combustóleo por los ahorros que genera. En los casos específicos de las industrias siderúrgicas y cementeras⁵ se pronostica que, en la medida que se realicen más inversión en esas ramas, el coque va a representar una mejor alternativa para sus procesos por la reducción de costos de producción que significa.” (SENER, 2006).

Los municipios del estado donde se consume este petrolífero y de acuerdo a la intensidad de su consumo quedan representados en el **Mapa 4. Actividad energética por consumo de Coque de Petróleo para el periodo de estudio 2000-2006**, destacando Tamuín, donde se consume el 86.9% de la energía generada a partir del coque de petróleo, hay que señalar que para el periodo 2000-2006 ingresaron al estado 129,7 pJ de los cuáles 92,1 pJ se utilizaron en la Autogeneración de energía para uso privado, cuya cantidad empieza a sumar a partir del año 2003 pues es el año en que comienzan operaciones las termoeléctricas ubicadas en Tamuín (véase **Figura 14**), y el resto de la energía que equivale a 37,7 pJ fue para la Industria cementera.

⁵ A raíz del incremento en los precios del gas natural, algunos industriales del cemento hidráulico, industrias básicas del hierro y del acero y autogeneradores de electricidad, han optado por aprovechar tecnologías que emplean como combustible al coque de petróleo buscando, principalmente, la reducción de costos. En los últimos años, la rama del cemento hidráulico en México ha reconvertido sus instalaciones productivas para quemar coque de petróleo, ubicándose como el principal consumidor de este energético.

Figura 14. Consumo de Coque de Petróleo por Sector en MBD.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

4.5 Demanda energética del diésel

Después del combustóleo pesado, la gasolina y el coque de petróleo el diésel es el petrolífero que mayor energía genera para el estado, pues durante el periodo 2000-2006 generó por su consumo 95,3 pJ. El diesel se distribuye en el estado con una logística similar a la de las gasolinas (véase **Cuadro 13**); de esta manera tenemos que la mayor cantidad de energía generada por consumo de diésel ingresó por la capital del estado con un total de 72,7 pJ; la siguiente zona de mayor demanda es Cd. Valles con 15.8 pJ y finalmente Matehuala con 6.6 Pj.

Cuadro 13. Ingreso de Energía por consumo de Diesel en el período 2000-2006 (peta Julios PJ)

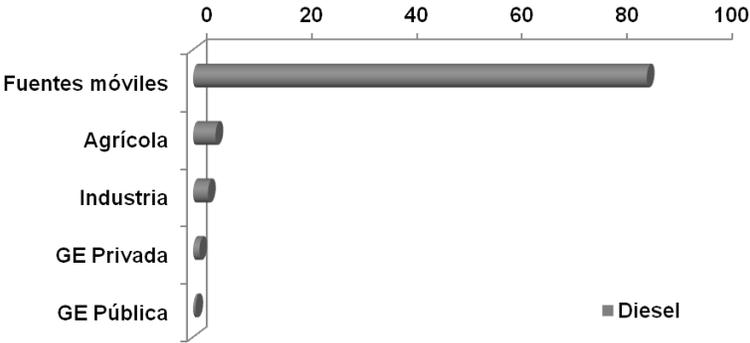
Origen	Refinería de Cadereyta	Refinería de Cd. Madero	Refinería de Tula
Destino	Matehuala	Cd. Valles	San Luis Potosí
Energía	6.6 PJ	15.8 PJ	72.7 PJ

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE.

Al entrar al estado esta energía se distribuye entre las diferentes subcategorías tal como lo muestra la **Figura 15** donde claramente se puede apreciar que la mayor

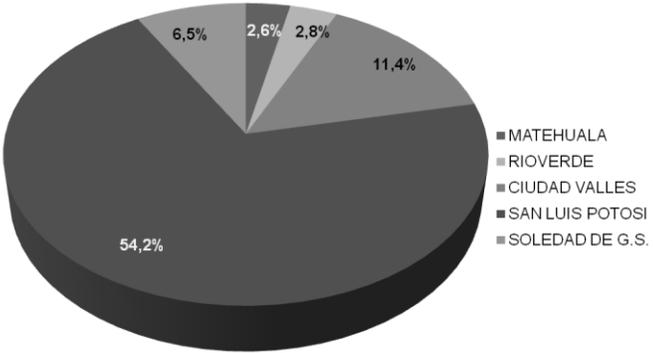
cantidad de esta energía está destinada a satisfacer la demanda de las fuentes móviles, donde se consumieron para el período de estudio 86,3 pJ, energía que se consume en gran mayoría entre los cinco municipios que concentran el 77% de la flota vehicular a diesel del estado (véase **Figura 16**), destacando la zona metropolitana de San Luis Potosí que concentra el 54,2% de la flota vehicular a diesel.

Figura 15. Consumo de Diesel por categoría de fuente durante el periodo 2000-2006 (peta Julios pJ)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

Figura 16. Distribución del parque vehicular a Diesel por municipio



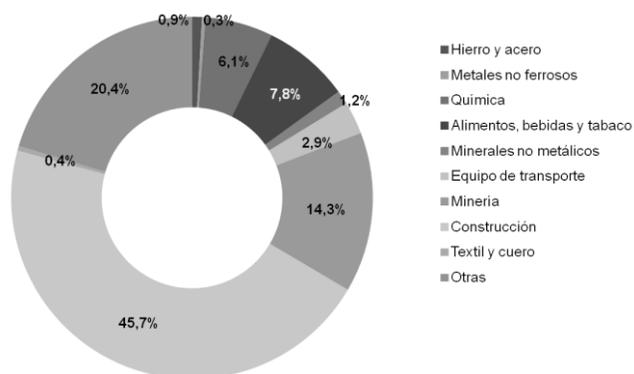
Fuente: Elaboración propia con información contenida en Base de datos del parque vehicular de S.L.P. 2005.

La Agricultura consumió 4,3 pJ de energía durante el periodo de estudio, esto por uso de diesel agrícola el cual además esta subsidiado, lo cual favorece su uso, el

tercer principal consumidor de diesel es la industria, la cual durante el periodo 2000-2006 consumió 2,8 pJ, la **Figura 17** muestra la demanda energética de diesel que presentaron los diferentes sectores industriales durante el periodo de estudio, donde destaca la industria de la construcción con el 45,7% de la demanda energética total industrial, en menor proporción la Generación de Energía consumió 1,6 pJ, siendo la Generación de Energía Privada o Autogeneración la que consume 1,2 pJ, en contraste con la Generación de Energía Pública que consumió solo 0,4 pJ.

Lo anterior queda reflejado geográficamente en el **Mapa 5. Actividad energética por consumo de Diésel para el periodo de estudio 2000-2006**, donde destaca la capital del estado como principal consumidor de diesel por concepto de fuentes móviles.

Figura 17. Porcentaje de consumo de diesel por sector Industrial durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

4.6 Demanda energética de leña

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, observamos en el **Mapa 6. Actividad energética por consumo de Leña para el periodo de estudio 2000-2006**, que el municipio de Tamazunchale tiene el mayor consumo de leña para uso doméstico.

4.7 Demanda energética de gas LP

De acuerdo a las Regiones económicas de México, definidas por la SENER y publicados en el Balance Nacional de Energía, San Luis Potosí pertenece a la Región Centro Occidente, con este dato se pudo identificar cual es el origen del gas LP que se consume en el estado.

“A pesar de que la región cuenta con la primer refinería construida en México, ubicada en el municipio de Salamanca, Guanajuato, el abastecimiento del mercado interno lo realiza mayoritariamente por las transferencias provenientes de otras regiones (83,3%). Lo anterior debido a que el mayor flujo proviene vía terrestre al transportarse por medio del LPG ducto Cactus-Zapopan, que conecta las áreas productoras del gas LP en la región Sur-Sureste hasta las principales zonas de consumo en el Centro y Centro-Occidente de México.” (SENER, 2010, pág. 90)

Posteriormente llega al estado para almacenarse en plantas privadas de distribución y posteriormente fluir en los diferentes sectores económicos a través de Estaciones de Carburación, ductos privados, auto tanques pipa y cilindros (véase **Figura 18**).

Figura 18. Distribución de gas LP al consumidor.

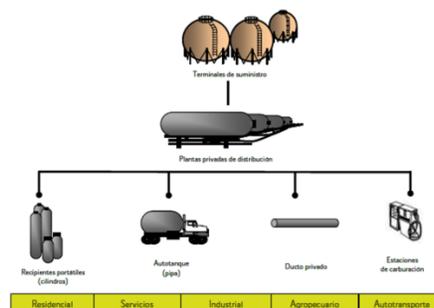


Figura 17. Distribución de gas LP al consumidor

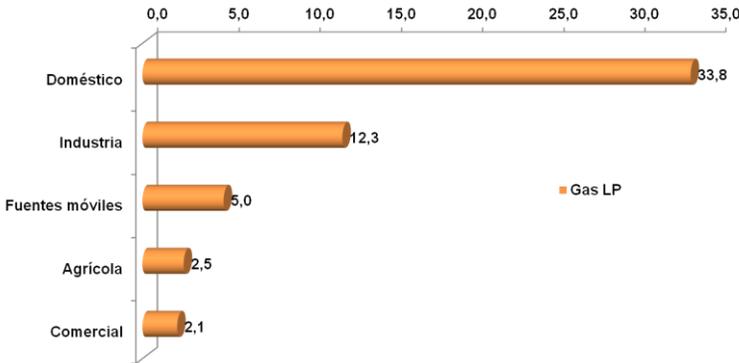
Fuente: (SENER, 2010)

En la **Figura 19** podemos observar que durante el periodo 2000-2006 ingresaron al estado 55,7 pJ, la mayor demanda la realiza el sector doméstico con 33,8 pJ, y que representa un 60,6% de la demanda total, seguido de la Industria con 12,3 pJ; la **Figura 20** muestra que la Industria de la Minería es quien genera la mayor

demanda de gas LP con el 43,1% de la demanda total de la industria, las fuentes móviles consumieron 5 pJ, le siguen el sector agrícola con 2.5 PJ y el último es el sector comercial con 2.1 pJ.

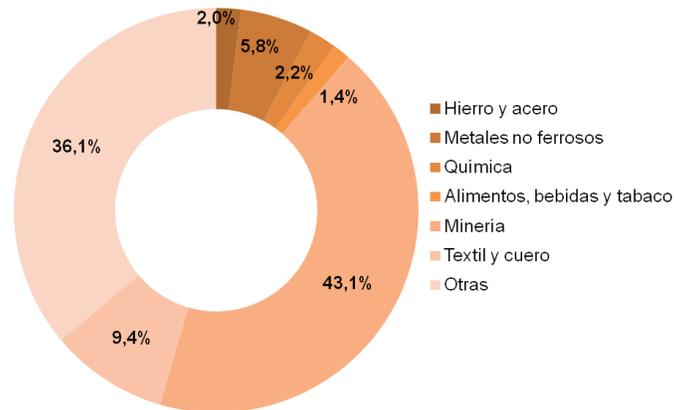
El Mapa 7. Actividad energética por consumo de Gas LP para el periodo de estudio 2000-2006, muestra que la zona conurbada de San Luis Potosí generó la mayor demanda Gas LP, de acuerdo con el XI Censo General de Población y Vivienda 1990 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000 realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (**INEGI**) para el año 2000 las viviendas donde se emplea gas para cocinar presentan grandes contrastes; mientras que en San Antonio, en 5 de cada 100 viviendas usan dicho combustible, en Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí la proporción asciende a 98 y 97 de cada 100, respectivamente; con excepción de Santa Catarina, los municipios de menor proporción están ubicados en la zona huasteca del estado, con porcentajes por debajo de los dieciocho puntos porcentuales; los principales factores que inciden en la poca utilización de este combustible en las viviendas, están la orografía, la distancia y la dispersión de viviendas, entre otros. (INEGI , 2000, pág. 109).

Figura 19. Consumo de gas LP por categoría de fuente durante el periodo 2000-2006 (peta Julios pJ)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

Figura 20. Porcentaje de consumo de gas LP por sector industrial durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

4.8 Demanda energética de gas natural

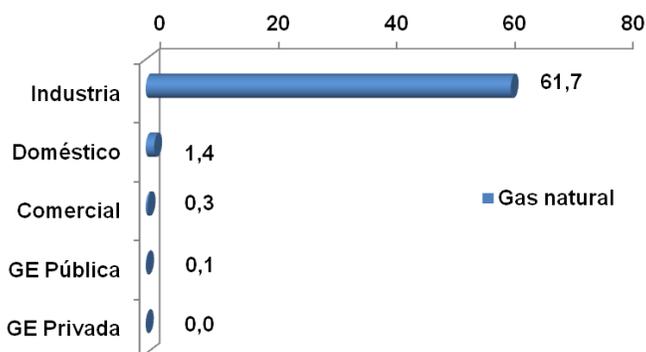
“Pemex-Gas y Petroquímica Básica suministra gas natural a San Luis Potosí mediante el ducto de transporte de 16 pulgadas cuyo trayecto es de Querétaro a San Luis Potosí, el cual abastece a la red de distribución de 16 y 24 pulgadas respectivamente, en la cual se encuentran instalados 21 usuarios industriales en el centro de población de San Luis Potosí” (CRE, 1999, pág. 2).

“México inició importaciones de GNL en 2006 con las operaciones de la Terminal de GNL en Altamira. Las importaciones provienen de Nigeria, Qatar, Egipto y Trinidad y Tobago. Dicho gas tuvo dos destinos, una parte se envió a la Central de Altamira V (central eléctrica de ciclo combinado), y la otra fue inyectada al SNG. Pemex Gas y Petroquímica Básica lo trasladó y, finalmente, la CFE lo asignó a otras centrales generadoras de electricidad en los estados de México, Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz” (Ramírez J., 2008, pág. 88).

Durante el período de estudio ingresaron al estado 63,5 pJ, de los cuáles como puede apreciarse en la **Figura 21**, 61,7 pJ se consumieron en la industria de la cual la Industria de Minerales no metálicos consumió el 51,2% del total de la

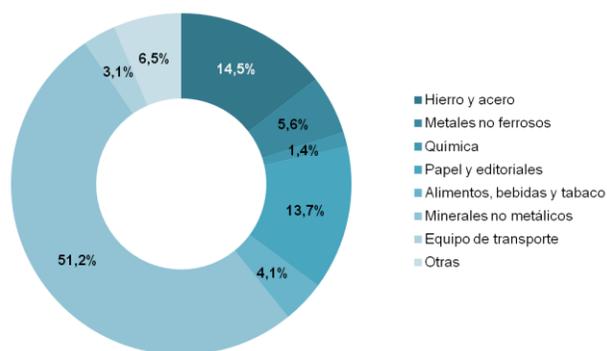
energía (véase **Figura 22**), le siguen la industria del Hierro y del acero y la del papel y editoriales con el 14,5% y 13,7% respectivamente.

Figura 21. Consumo de gas Natural por categoría de fuente durante el periodo 2000-2006 (peta Julios pJ)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

Figura 22. Porcentaje de consumo de Gas Natural por sector industrial durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SEMARNAT.

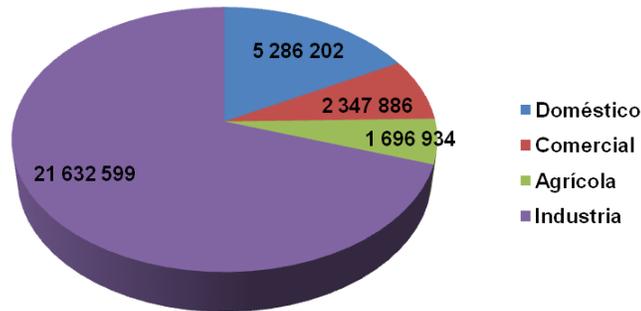
Continuando con la información de la **Figura 21**, el sector doméstico consumió 1,4 pJ del total, actualmente solo una fracción muy pequeña de hogares de la zona metropolitana tienen acceso al gas natural; el sector comercial demandó 0,3 pJ, por último la Generación de energía pública demandó solo 0,1 pJ durante el período de estudio.

El Mapa 8. Actividad energética por consumo de Gas Natural para el periodo de estudio 2000-2006, muestra a la capital del estado como la región donde se concentra la mayor demanda de gas natural, lo cual es razonable si analizamos que en la capital solo una fracción de hogares y por lo tanto comercios tienen acceso al gas natural y estos están ubicados en la zona metropolitana.

4.9 Consumo de electricidad

Durante el periodo de estudio se consumieron en el estado 30 963 621,0 mega Watts hora (mWh), donde la mayor demanda la genero la industria al consumir 21 632 599 mWh, que equivale en cifras porcentuales al 69,9% (este dato se agrupan las cifras de consumo reportadas por la CFE tanto de la mediana industria como de la gran industria), la segunda mayor demanda la generan los hogares potosinos al consumir 5 286 202 mWh equivalente al 17,1%, el comercio demando 1,696,934 mWh que representa el 7,6% del consumo total (esta cifra agrupa los datos reportados por la CFE tanto para los sectores comercial e institucional), el sector agrícola ocupa el cuarto sitio con una demanda 1 696 934 MWh que corresponde al 5,5% de la demanda total de electricidad en el estado (véase **Figura 23**).

Figura 23. Consumo estatal de energía eléctrica por subcategoría, 2000-2006 (mega Watts por hora mWh)



Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.

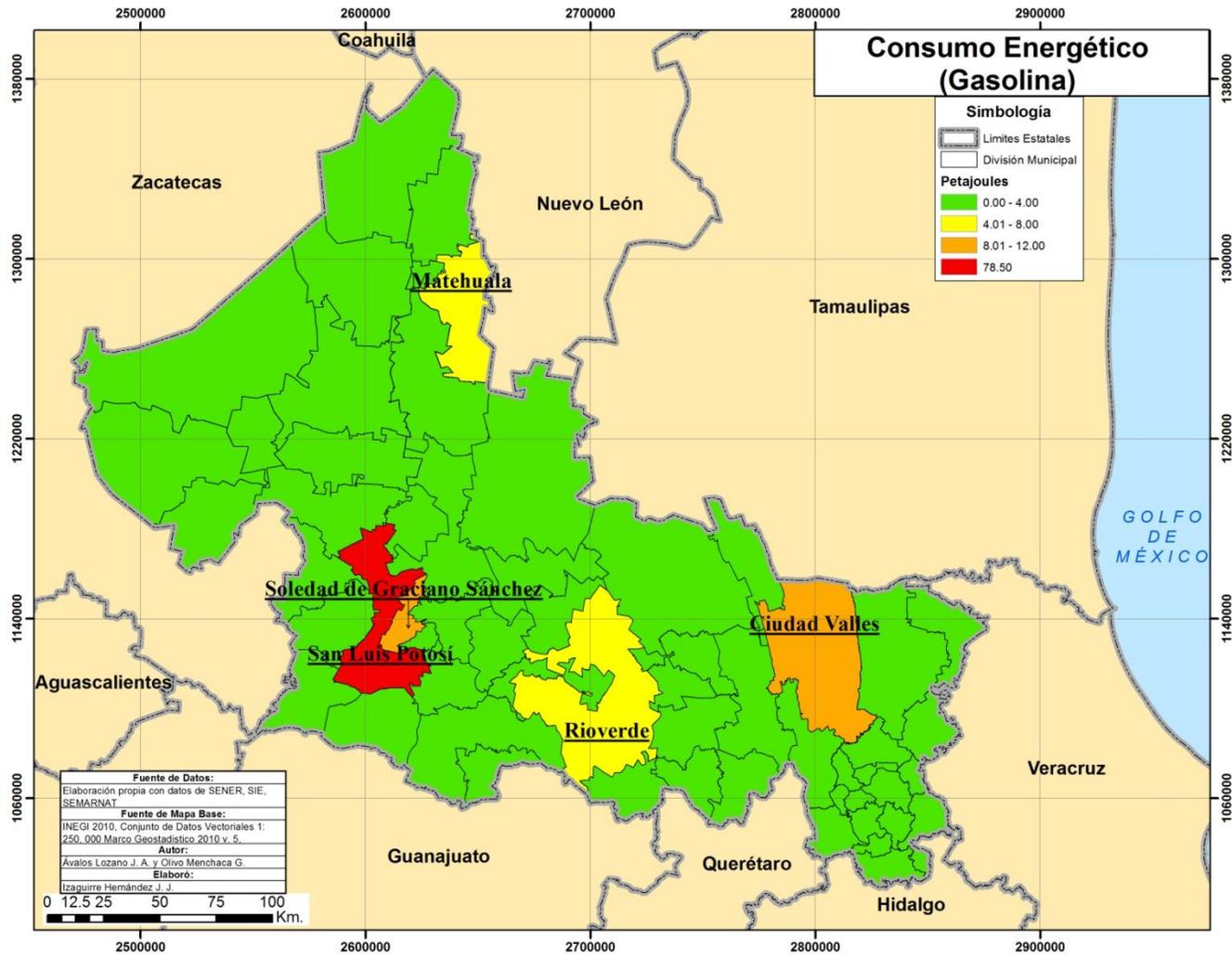
El Superintendente General de la Termoeléctrica de Villa de Reyes en comunicación personal informó que

“El área de generación a la cual pertenece la Central Villa de Reyes, tiene como función primordial generar la energía eléctrica que el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) le mande, misma que es entregada al área de transmisión para que sea transportada a los centros de distribución que la requiera.” (Ramírez R. , 2013)

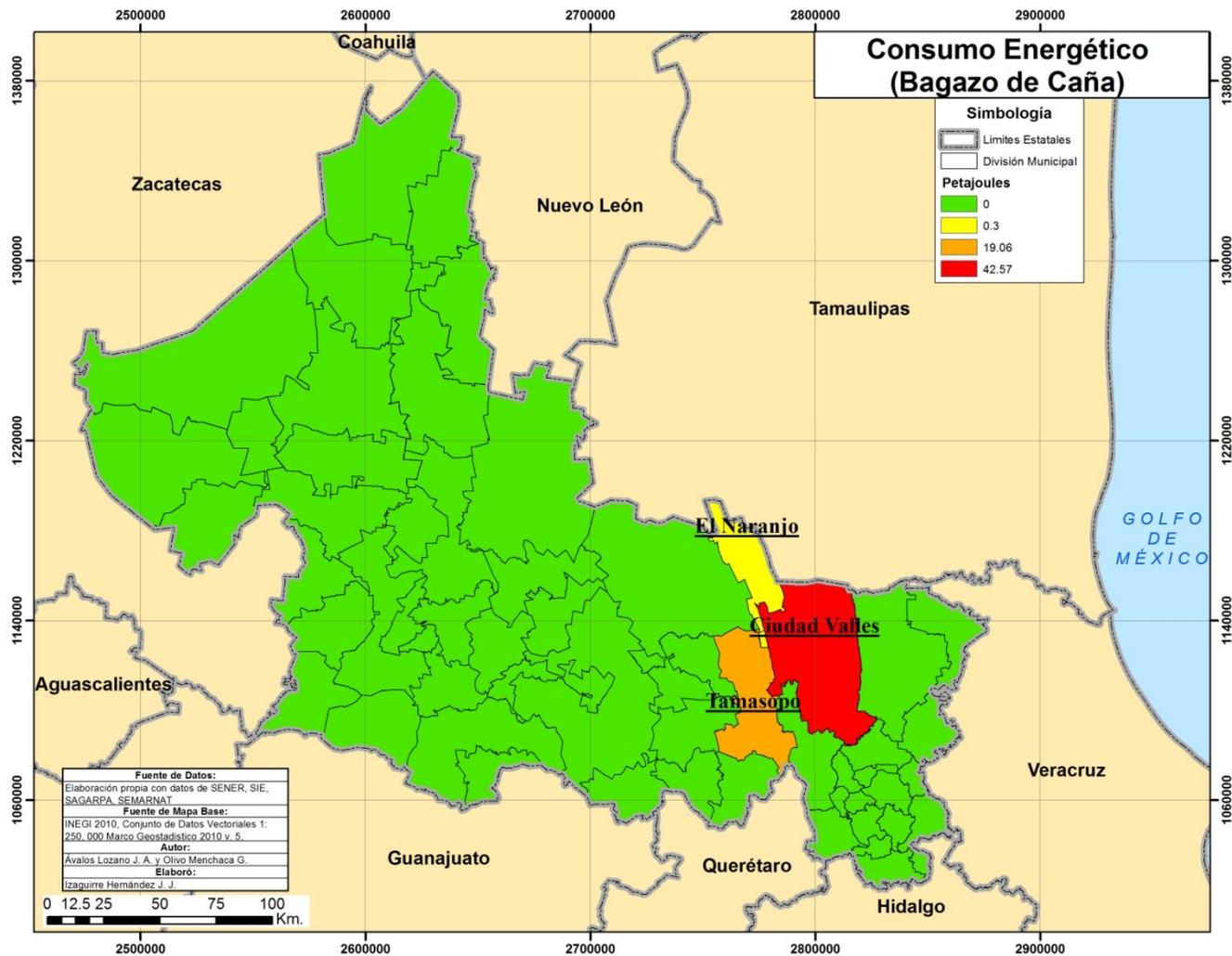
La demanda de electricidad para el estado durante el periodo de estudio fue de 30 963 621,0 mWh, para el mismo periodo se generaron 26 526 649,9 mWh en la Termoeléctrica de Villa de Reyes, lo cual de acuerdo al **Cuadro 14** muestra un déficit entre la oferta y la demanda dentro del estado, razón por la cual podemos aseverar que San Luis Potosí consume parte de la energía generada en otras regiones.

Cuadro 14. Relación entre la Oferta y la Demanda generada en el estado durante el periodo 2000-2006

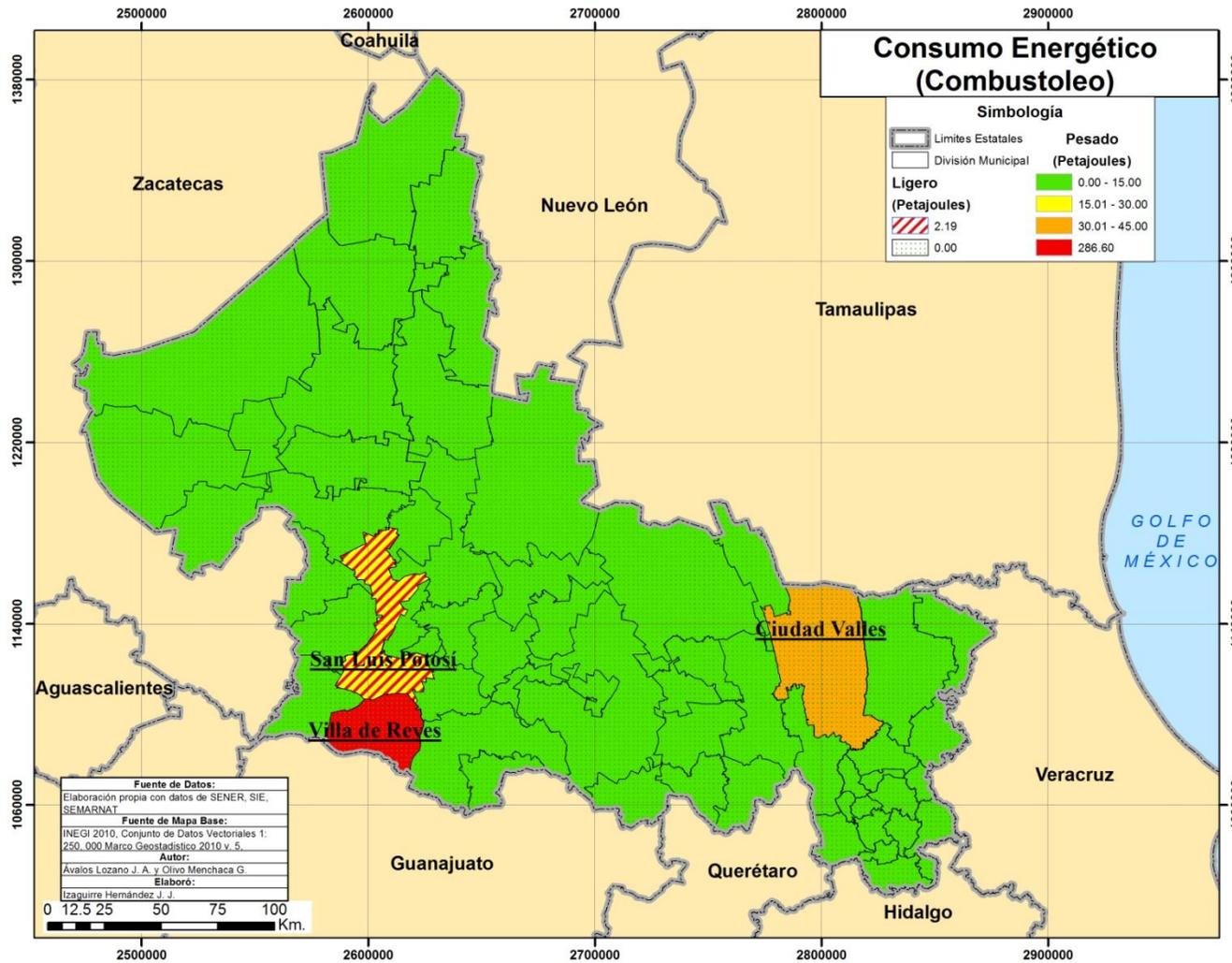
Oferta	26 526 649,9
Demanda	30 963 621,0
Diferencia	-4 436 971,1



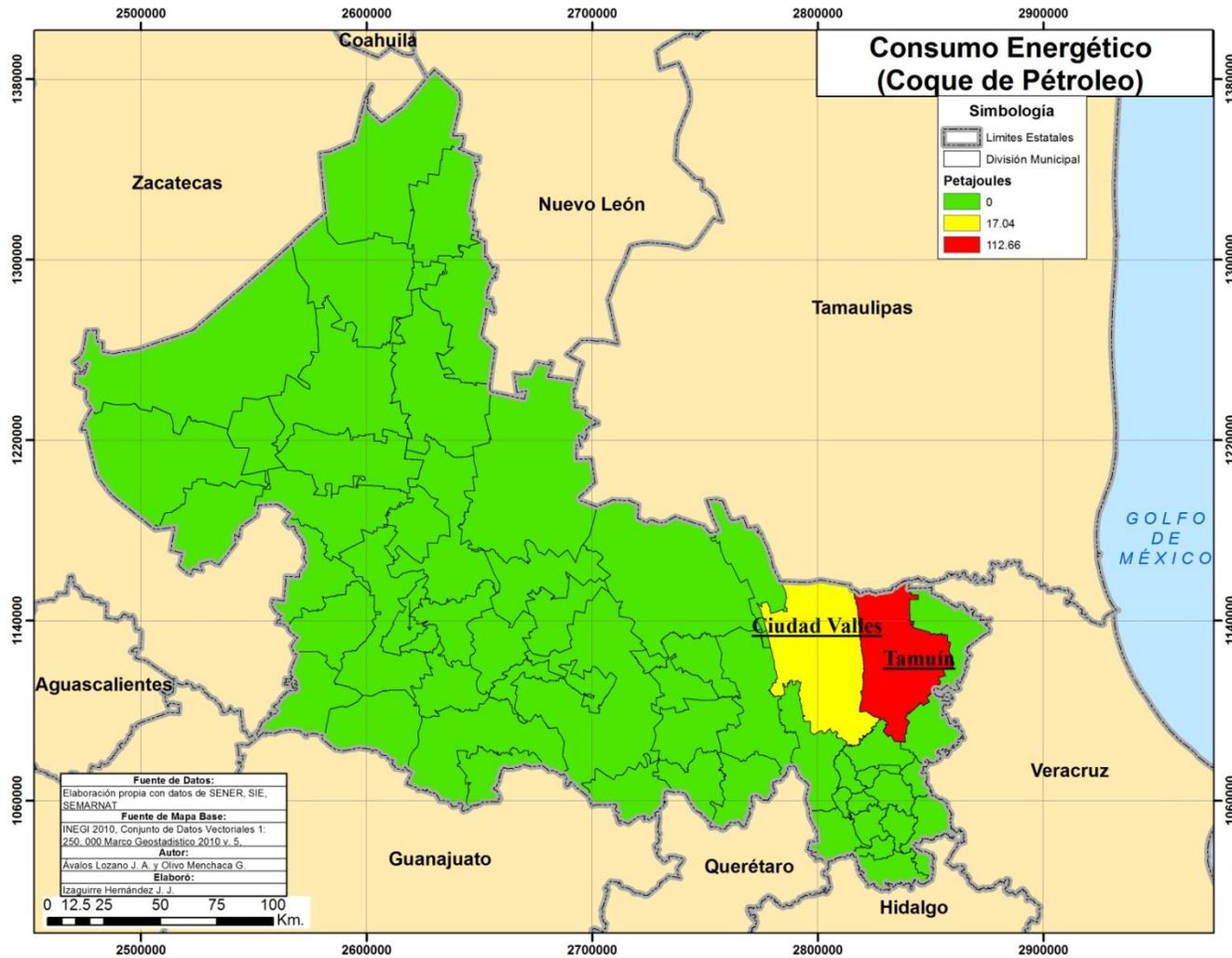
Mapa 1. Actividad energética por consumo de Gasolina para el periodo de estudio 2000-2006



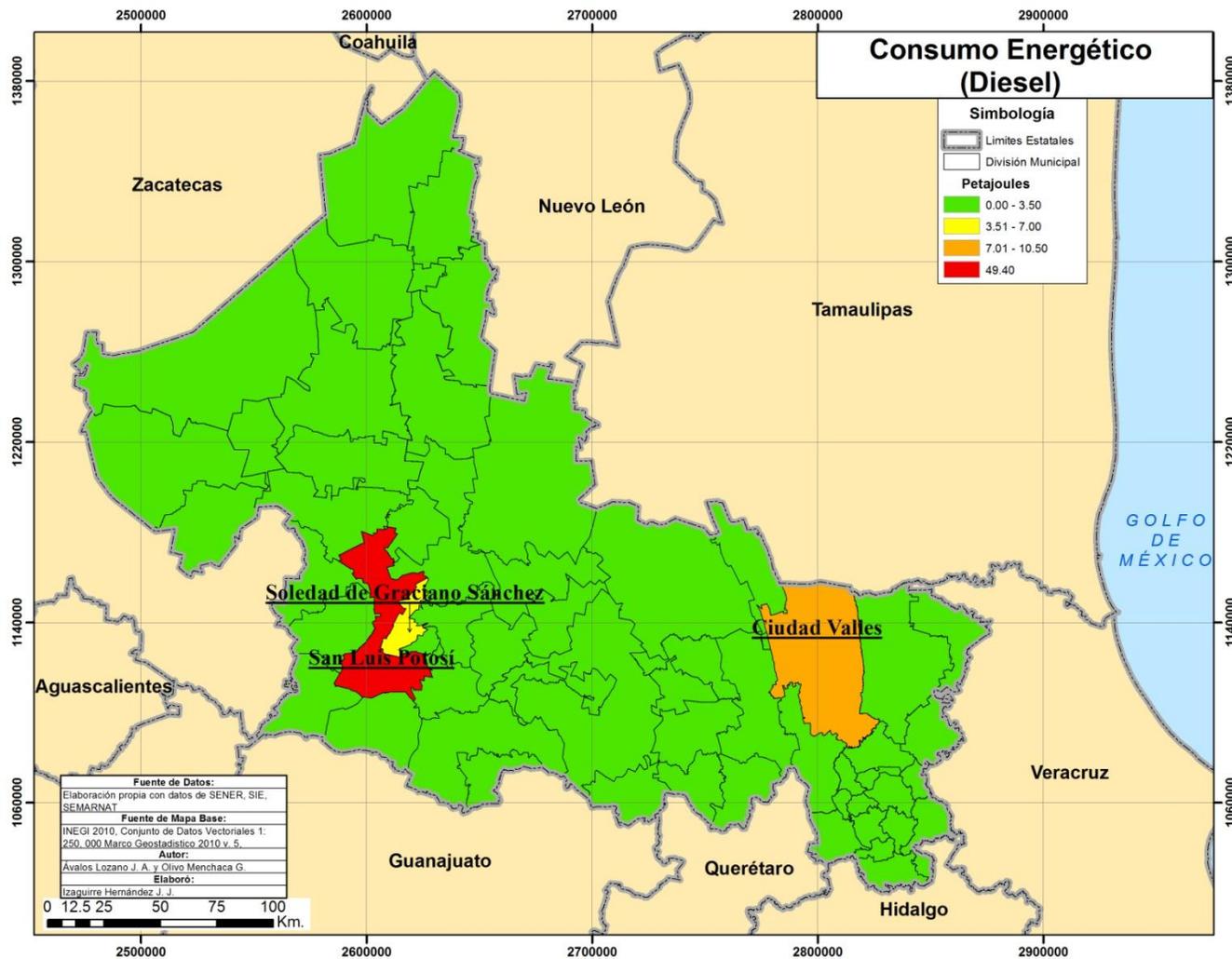
Mapa 2. Actividad energética por consumo de Bagazo de Caña para el periodo de estudio 2000-2006



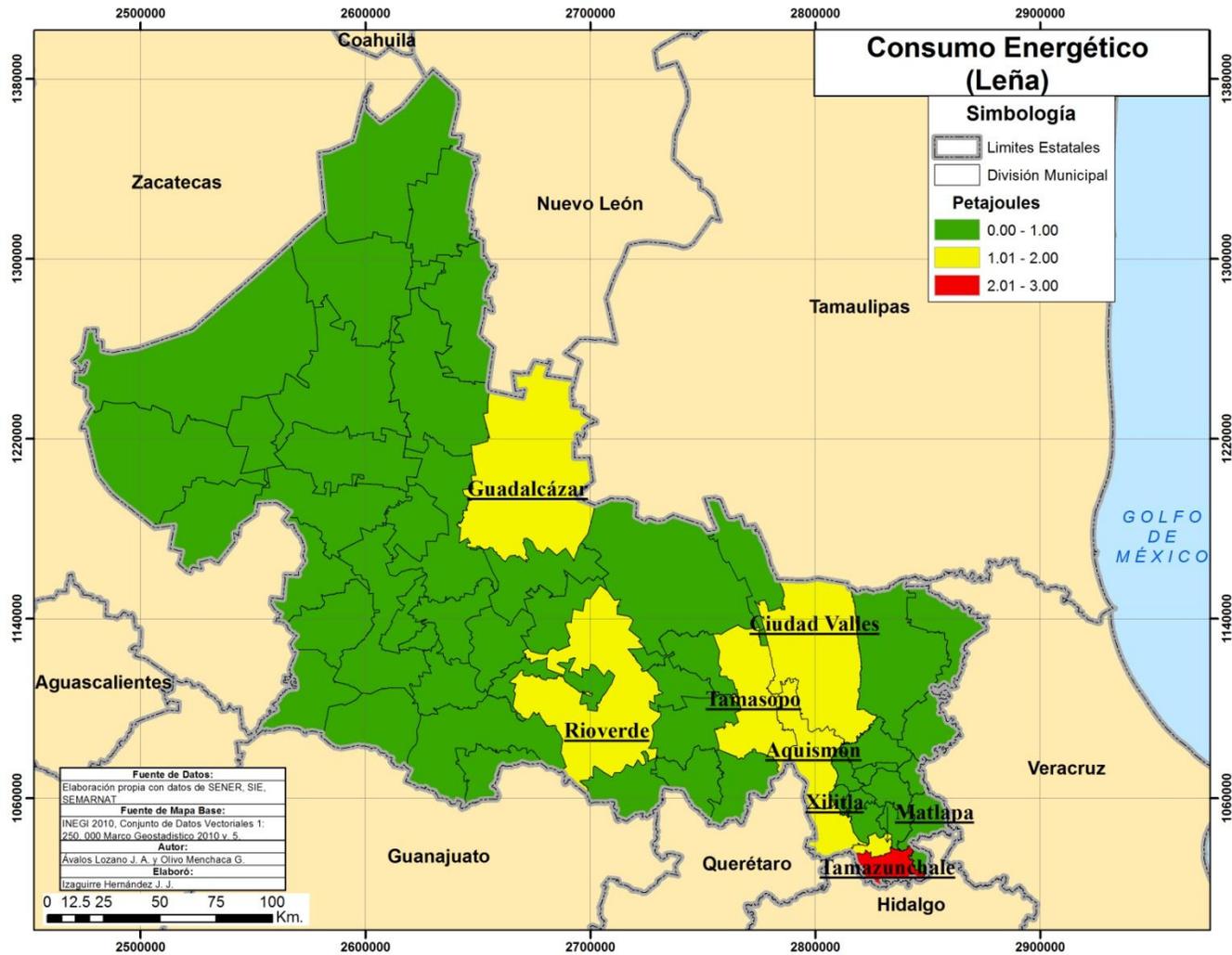
Mapa 3. Actividad energética por consumo de Combustóleo para el periodo de estudio 2000-2006



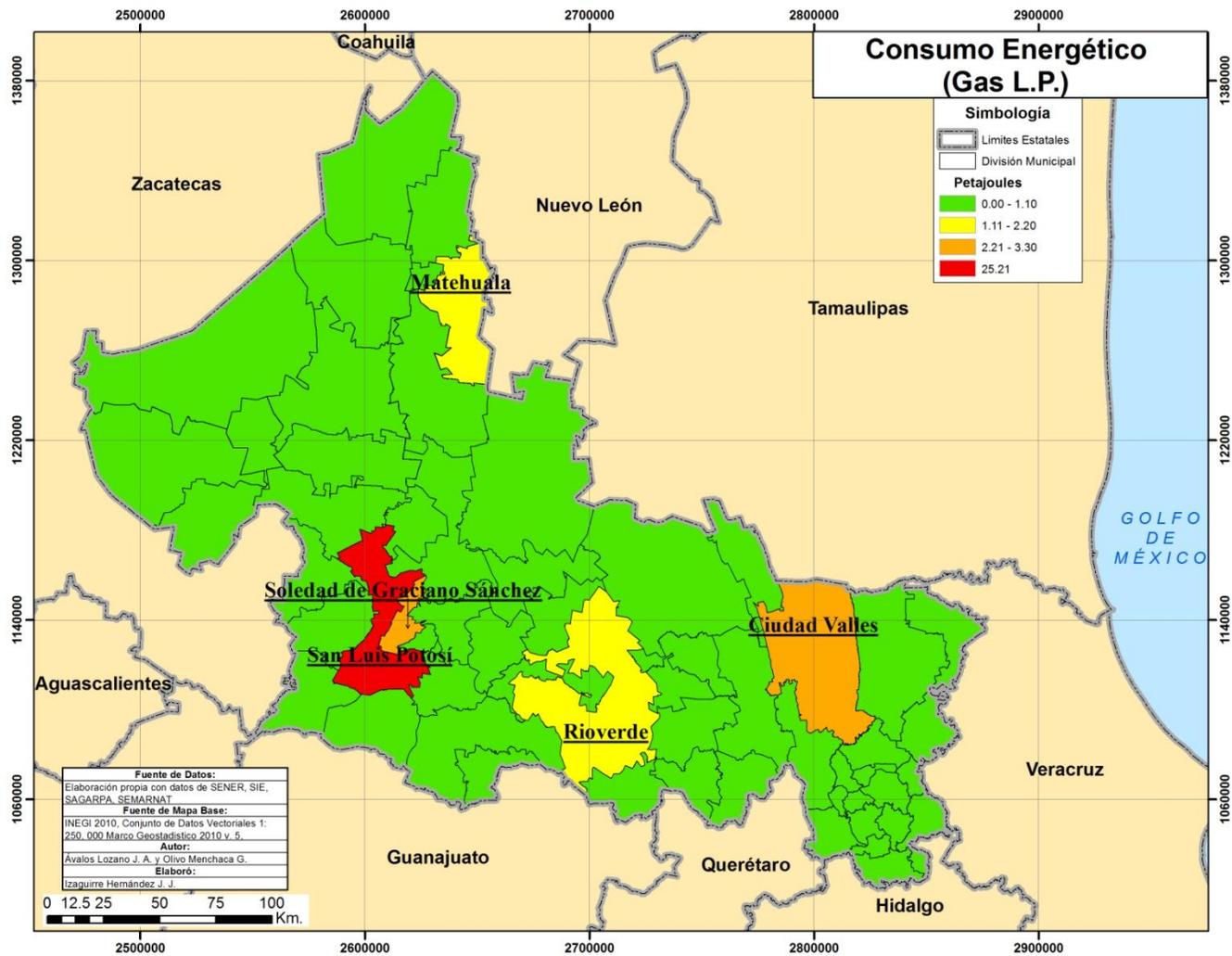
Mapa 4. Actividad energética por consumo de Coque de Petróleo para el periodo de estudio 2000-2006



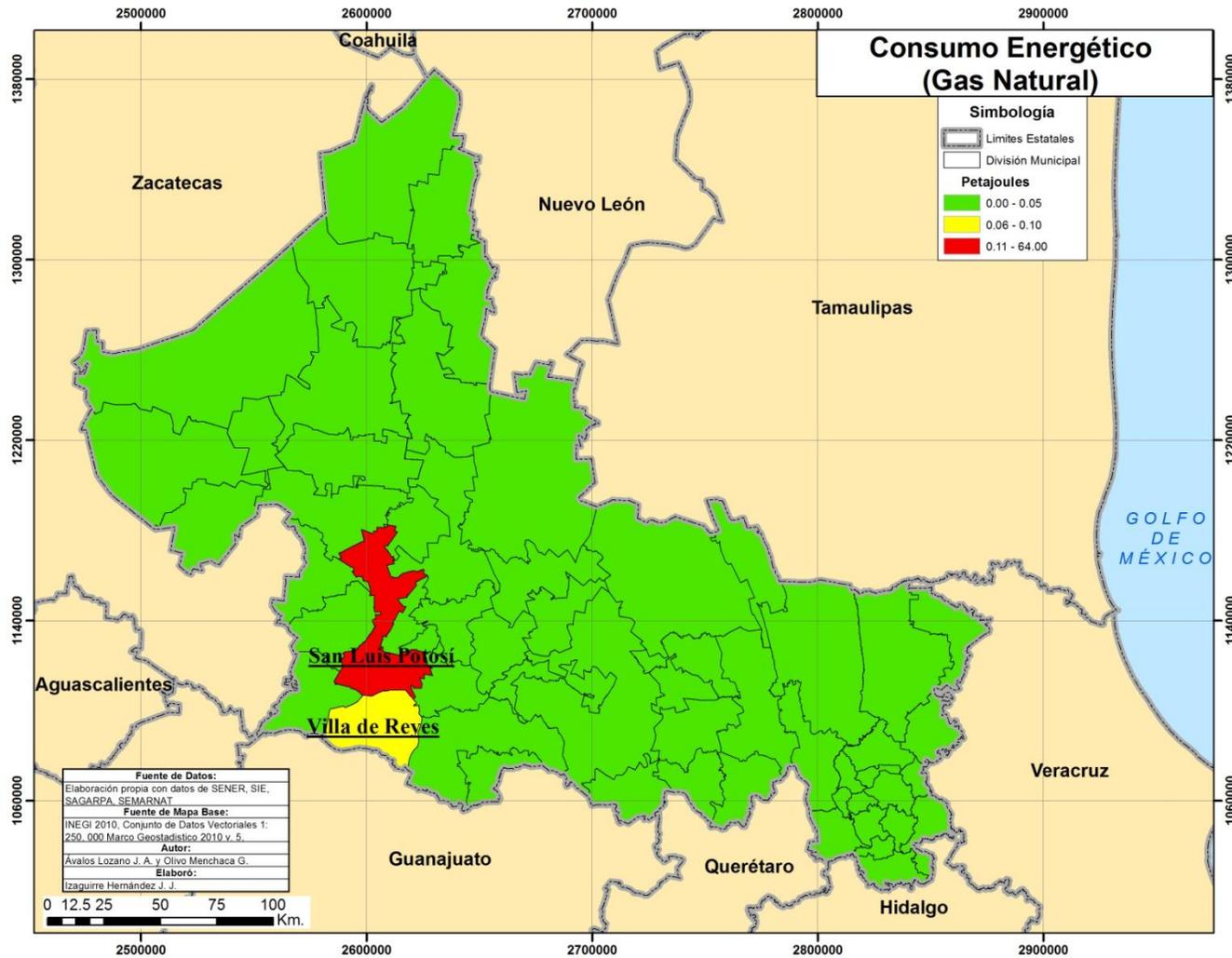
Mapa 5. Actividad energética por consumo de Diésel para el periodo de estudio 2000-2006



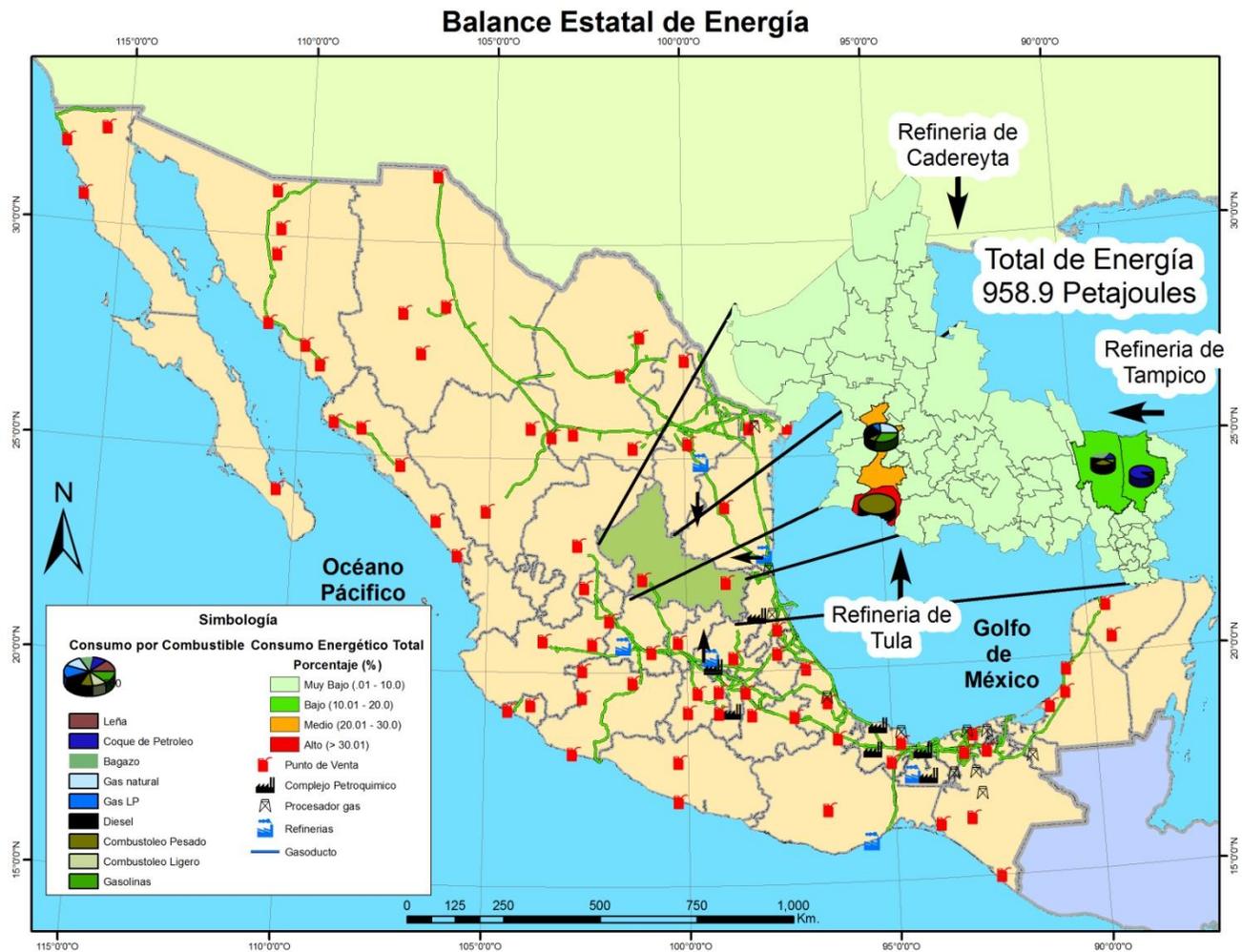
Mapa 6. Actividad energética por consumo de Leña para el periodo de estudio 2000-2006



Mapa 7. Actividad energética por consumo de Gas LP para el periodo de estudio 2000-2006



Mapa 8. Actividad energética por consumo de Gas Natural para el periodo de estudio 2000-2006



Mapa 9. Balance Estatal de Energía del estado de San Luis Potosí para el periodo de estudio 2000-2006

EL CONSUMO ENERGÉTICO EN SAN LUIS POTOSÍ

A nivel sectorial	Demanda energética	Emisiones de GEI
Generación de energía pública	29,9%	28,2%
Industria	26,0%	29,0%
Fuentes móviles	24,7%	21,2%
Generación de energía privada	9,7%	11,4%
Doméstico	8,5%	9,4%
Agrícola	0,7%	0,6%
Comercial	0,3%	0,2%
TOTAL	958.6 pJ	79 351,6 Gg CO₂e

A nivel municipal	Demanda energética	Emisiones de GEI
Villa de Reyes	30,48%	28,7%
Zona conurbada de San Luis Potosí	25,04%	20,4%
Ciudad Valles	13,05%	16,1%
Tamuín	12,9%	14,9%
TOTAL	81,5%	80,1%

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ	
COMBUSTIBLE	PROMEDIO ANUAL
Gasolinas	658,86 miles de m ³ /año
Diesel	387,97 miles de m ³ /año
Gas Natural	236,07 millones de m ³ /año
Gas LP	336,37 miles de m ³ /año
Combustóleo ligero	7,93 miles de m ³ /año
Combustóleo pesado	1,30 millones de m ³ /año
Bagazo de Caña	1,25 millones de ton/año
Coque de petróleo	604,49 miles de ton/año
Leña (uso doméstico)	454,32 miles de ton/año



Anualmente San Luis Potosí consume
4 423,4 Gigawatts /hora
 para la realización de sus actividades

CAPÍTULO 5: INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GEI SECTOR ENERGÍA 2000-2006

El IEEGEI 2000-2006 es el primero que se elabora para San Luis Potosí, con los resultados de las emisiones generadas se identificaron las fuentes clave de emisión y se representaron cartográficamente las emisiones generadas por municipio. La información generada es imprescindible para el diseño de estrategias de mitigación y adaptación del sector energético.

Durante el período de estudio 2000-2006 se generaron en el estado un Total de 79 351,6 Gg de CO₂e, de los cuales 78 961,1 Gg son emisiones de bióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) genero emisiones 116.9 Gg de CO₂e, y 273.5 Gg de CO₂e provienen del óxido nitroso (N₂O) (véase **Cuadro 15. Emisiones generadas por tipo de GEI durante el periodo 2000-2006.**).

Cuadro 15. Emisiones generadas por tipo de GEI durante el periodo 2000-2006.
(Gigagramos de CO₂ equivalentes)

	SECTOR ENERGIA IEEGEI Gg de CO2 eq							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
CO₂	9 981,37	10 419,87	8 937,33	11 077,24	13 008,41	13 049,77	12 487,11	78 961,1
CH₄	15,51	16,07	14,93	16,55	17,47	19,11	17,28	116,9
N₂O	36,27	37,56	33,96	38,63	41,99	44,53	40,60	273,5
Total	10 033	10 474	8 986	11 132	13 068	13 113	12 545	79 351,6

5.1 Emisiones de bióxido de carbono CO₂

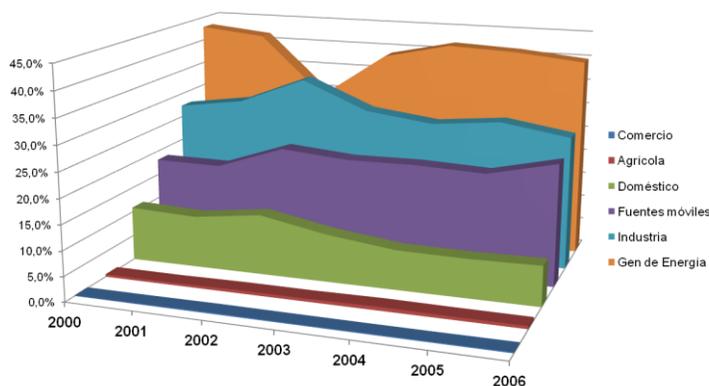
Del total de emisiones generadas de CO₂, 31 294 Gg que equivalen al 39,6% son atribuidas a la generación de energía, (**Cuadro 16**) aquí se contemplan tanto la generación de energía pública y la de uso privado, la industria contribuye al total de emisiones con el 29%, por su parte las fuentes móviles generaron el 21,3%, el cuarto mayor emisor es el sector doméstico con el 9,3%, en una menor proporción el sector agrícola genero el 0,6% y por último el sector comercial el 0,2%.

Cuadro 16. Emisiones generadas por Bióxido de Carbono, CO₂, durante el periodo 2000-2006.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gen de Energía	4 278,93	4 329,26	2 630,07	4 291,10	5 426,72	5 365,42	4 972,50	31 294,00
Industrial	2 736,30	3 063,06	3 111,94	3 239,68	3 586,83	3 779,01	3 352,32	22 869,13
Fuentes móviles	1 811,53	1 879,53	2 035,13	2 398,39	2 838,16	2 779,39	3 053,83	16 795,95
Doméstico	1 089,81	1 082,34	1 083,14	1 060,39	1 036,47	1 017,23	1 003,01	7 372,40
Agrícola	49,30	48,13	55,20	66,06	97,75	84,32	75,83	476,57
Comercial	15,51	17,55	21,85	21,63	22,48	24,40	29,63	153,05

En la **Figura 24** se observa claramente cuales subcategorías de fuente fueron protagonistas en la generación de emisiones de CO₂, durante el año 2002 la subcategoría de Generación de Energía presento un decremento en sus emisiones debido a las variaciones del mercado de petrolíferos que se reflejó en una caída en sus datos de actividad. En el año 2003 sus datos de actividad se incrementan además de que comienzan operaciones las termoeléctricas de Tamuín; en lo que concierne a las fuentes móviles siempre mantuvieron un incremento anual esto debido a que año con año la flota vehicular aumenta.

Figura 24. Tendencia en las emisiones de CO₂ por categoría de fuente durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

5.2 Emisiones de metano CH₄

La industria fue el principal generador de emisiones de CH₄ pues genero 47,73 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 17**), esto representa el 40,8% de las emisiones totales, el segundo lugar lo ocupó el sector doméstico con el 25,5%, el tercer generador de emisiones de CH₄ fue la generación de energía con el 20,5% del total de las emisiones, sumando las emisiones de estas tres subcategorías tenemos el 87% de las emisiones, las fuentes móviles prácticamente aportan el resto de las emisiones con un 12,9% ya que la agricultura y el comercio generan un 0,3% y el 0,04% respectivamente.

Cuadro 17. Emisiones generadas por Metano CH₄ durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂ equivalentes)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Transporte	1,57	1,67	1,81	2,19	2,43	2,57	2,84	15,08
Doméstico	4,45	4,38	4,31	4,24	4,16	4,12	4,08	29,76
Comercio	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
Agrícola	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,33
Industria	5,96	6,46	6,61	6,71	6,80	8,43	6,76	47,73
Gen de Energía	3,48	3,52	2,14	3,37	4,00	3,92	3,53	23,97
TOTAL	15,51	16,07	14,93	16,55	17,47	19,11	17,28	116,92

5.3 Emisiones de óxido nitroso N₂O

Al igual que en el CH₄ la industria ocupa el primer en generación de emisiones de N₂O, pues para el periodo de estudio genero 100,3 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 18**), que representan el 36,7% de las emisiones de totales de N₂O, la generación de energía apporto el 25.9%, el sector doméstico y las fuentes móviles generaron 21,3% y 15,8% respectivamente, la agricultura y el comercio en conjunto aportaron apenas el 1% de las emisiones totales.

Cuadro 18. Emisiones generadas por Óxido Nitroso N₂O durante el periodo 2000-2006 (Giga gramos de CO₂ equivalentes)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Industria	12,6	13,7	13,9	14,1	14,5	17,5	14,1	100,3
Gen de Energía	10,3	10,4	6,3	9,9	11,8	11,6	10,4	70,8
Doméstico	8,7	8,6	8,4	8,3	8,1	8,1	8,0	58,2
Fuentes móviles	4,6	4,8	5,2	6,2	7,4	7,2	7,9	43,3
Agrícola	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,9
Comercio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
TOTAL	36,3	37,6	34,0	38,6	42,0	44,5	40,6	273,5

5.4 Emisiones de GEI sector Doméstico

Durante el periodo de estudio 2000-2006 se generaron 7 460,4 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 19**) como resultado de la suma de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, el 70,3% de las emisiones son generadas en los hogares que usan leña, el 28,6% lo generan los hogares donde se usa el gas LP, solo una fracción muy pequeña de hogares consumen el gas natural y esto se ve reflejado en su contribución porcentual de 1,1%.

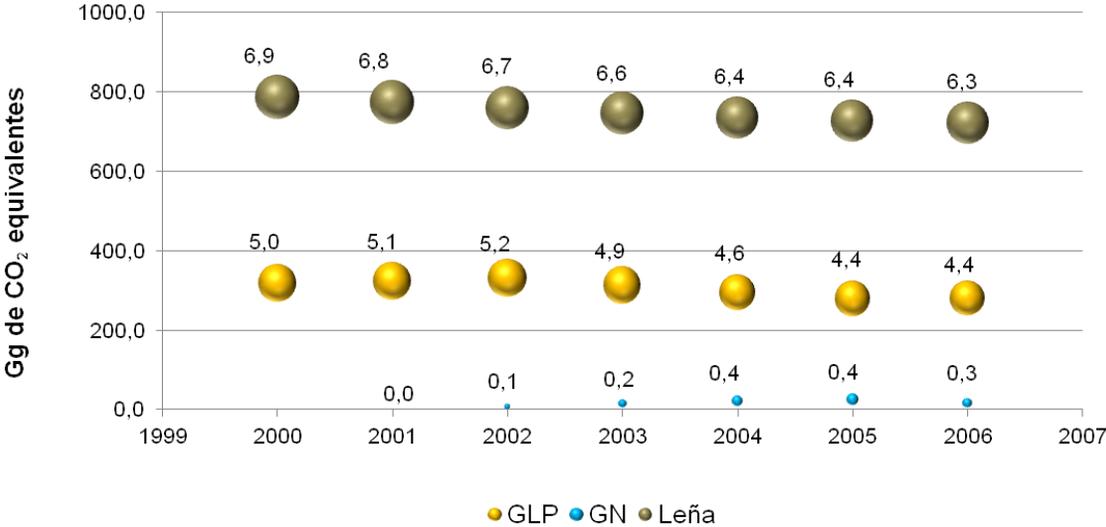
Cuadro 19. Emisiones de GEI generadas en el sector doméstico durante el periodo 2000-2006 (Giga gramos de CO₂ equivalentes)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gas Natural	317,0	322,6	330,0	312,4	293,7	278,3	279,0	2 133,2
Leña	0,0	0,0	6,4	13,9	21,2	24,1	15,8	81,3
Gas LP	786,0	772,6	759,5	746,6	733,9	727,0	720,3	5 245,9
TOTAL	1 103,0	1 095,3	1 095,9	1 072,9	1 048,8	1 029,4	1 015,1	7 460,4

Con la información generada para el BEE y la estimación de emisiones por subcategoría y tipo de combustible generamos la **Figura 25**, donde se muestra a través de los años del periodo de estudio cual fue la contribución de cada combustible en Gg de CO₂e, siendo la burbuja más cercana al valor cero la de menor contribución y la más alejada al valor cero la de mayor contribución, adicionalmente el tamaño de la burbuja indica la demanda energética que se requirió de ese combustible para satisfacer las necesidades de sus usuarios, el

valor que aparece cerca de la burbuja es el valor real de la demanda energética; el uso de leña muestra para el periodo de estudio una tendencia a la baja, el gas LP del año 2000 al 2002 mostro un incremento el cual a partir del año 2003 al 2005 fue a la baja y se mantuvo para el 2006, el gas natural se mantuvo a la alza con una pequeña caída durante el 2006.

Figura 25. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector doméstico (tamaño de la burbuja peta Julio).



Fuente: Elaboración propia con datos de (Díaz & Masera, 2003), SENER, SIE, INEGI, equipo de trabajo PEACC

Al analizar cuantos Gg de CO₂e son generados por pJ consumido y cuyas cifras se muestran en el **Cuadro 20**, tenemos que la leña genera casi el doble de emisiones por pJ consumido que el gas natural.

Cuadro 20. Gigagramos de CO₂e generados por tipo de combustible por consumo de un petá Julio.

Bagazo de caña	Leña	Coque de petróleo	Combustóleo		Diesel	Gasolinas	Gas LP	Gas Natural
			pesado	ligero				
144.9	113.9	97.7	77.7	77.7	74.4	69.6	63.2	58.2

5.5 Emisiones de GEI sector Comercio

El comercio generó 153,2 Gg de CO₂e, de los cuales el 88,2% son generados por consumo de gas LP (véase **Cuadro 21**) y el 11,8% por consumo de gas natural.

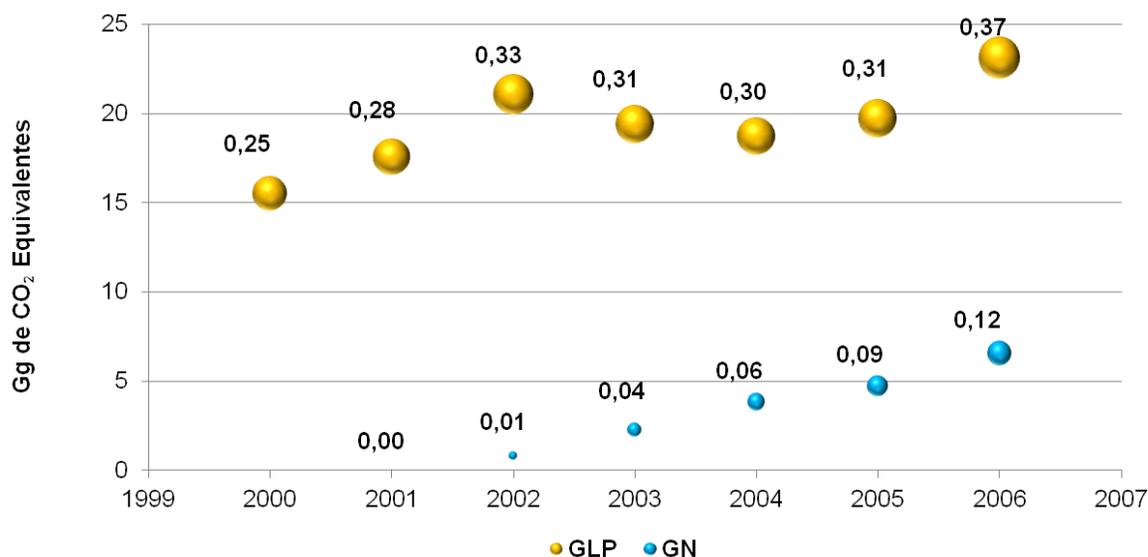
Cuadro 21. Emisiones de GEI generadas por tipo de combustible en la subcategoría Comercio durante el periodo 2000-2006, (Giga gramos de CO₂ equivalentes).

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gas LP	15,5	17,6	21,1	19,4	18,7	19,7	23,1	135,0
Gas Natural	0,0	0,0	0,8	2,2	3,8	4,7	6,5	18,1
TOTAL	15,5	17,6	21,9	21,6	22,5	24,4	29,7	153,2

El gas LP mostró variaciones en la demanda energética, al final del periodo mostró un considerable despunte en relación al año anterior, en lo que concierne al gas natural su consumo mantuvo un incremento constante.

Al igual que para la subcategoría doméstico el comercio mantuvo los mismos valores del **Cuadro 20**, aclarando que la leña no se considera de uso comercial, por lo que su valor debe ser descartado para la subcategoría comercio.

Figura 26. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector Comercio (tamaño de la burbuja peta Julio).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI.

5.6 Emisiones de GEI sector Agricultura

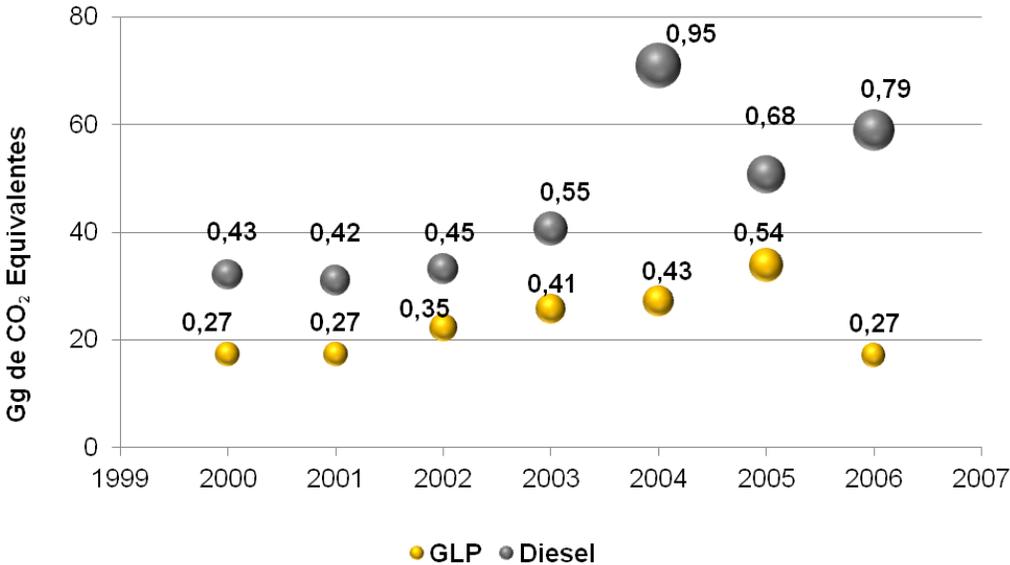
Agricultura en conjunto con el sector comercio generan apenas el 0.8% de las emisiones totales de GEI para el periodo de estudio, la agricultura por su consumo de combustibles fósiles genero 477,8 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 22**), el 66,4% de las emisiones son generadas por el consumo de diesel agrícola, el segundo combustible de uso en esta subcategoría es el gas LP el cual genera el resto de las emisiones 33,6%.

Cuadro 22. Emisiones de GEI generadas en la subcategoría agrícola durante el periodo 2000-2006 (Giga gramos de CO₂ equivalentes)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gas LP	17,3	17,2	22,2	25,6	27,2	33,9	17,1	160,5
Diesel	32,1	31,0	33,2	40,6	70,8	50,6	58,9	317,3
TOTAL	49,4	48,2	5,3	66,2	98,0	84,5	76,0	477,8

La demanda energética de diesel mostro fluctuaciones muy significativas relacionadas al subsidio de diesel que recibe la agricultura, el gas LP mantuvo una tendencia a la alza, la cual en el año 2006 se redujo un 50% con respecto al año anterior (véase **Figura 27**).

Figura 27. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector Agrícola (tamaño de la burbuja peta Julio).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, SAGARPA.

El gas LP que se consume en el sector agrícola genera 63,2 Gg de CO₂e por pJ consumido (véase **Cuadro 22**), en comparación con el diesel que genera 74,4 Gg de CO₂e por pJ consumido, ambos combustibles son utilizados para la maquinaria agrícola, aunque el diesel recibe un subsidio económico y el gas LP no recibe alguno.

5.7 Emisiones de GEI sector Transporte

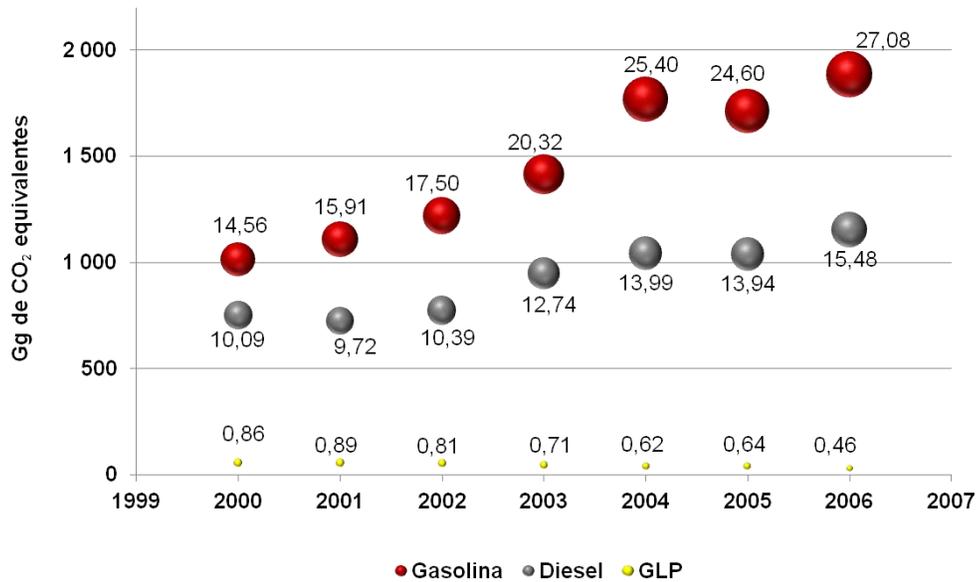
Las emisiones de GEI que se presentan en el **Cuadro 23** muestran las emisiones generadas a partir del consumo de combustibles fósiles utilizados en vehículos automotores, para el periodo de estudio se generaron 16 854,3 Gg de CO₂e esto representa el 21,2% del total de las emisiones, la mayor cantidad de emisiones vienen de las gasolinas, las cuales aportan el 60% de las emisiones, el segundo combustible de mayor preferencia es el diesel y este genera el 38.1% de las emisiones, por último la fracción porcentual que aportan los vehículos que usan gas LP es el 1,9%.

Cuadro 23. Emisiones de GEI generadas en la subcategoría del Transporte durante el periodo 2000-2006 (Giga gramos de CO₂ equivalentes)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gasolina	1 012,9	1 107,1	1 217,9	1 414,1	1 767,7	1 711,8	1 884,2	10 115,7
Diesel	750,3	722,8	772,8	947,5	1 040,9	1 036,9	1 151,6	6 422,8
Gas LP	54,6	56,1	51,5	45,1	39,3	40,4	28,8	315,8
	1 817,7	1 886,0	2 042,2	2 406,8	2 847,9	2 789,1	3 064,6	16 854,3

El uso del autotransporte tiene una tendencia a incrementarse, por lo que no resulta novedad que el consumo de los combustibles fósiles de uso común en este rubro mantengan un incremento constante, al igual que las emisiones que generan, resulta notorio en el caso de las gasolinas y el diesel que durante el año 2005 sufrieron una leve caída como consecuencia de una crisis económica, al final del periodo la demanda energética así como la generación de emisiones volvieron a incrementarse; la demanda energética de gas LP muestra una tendencia a la baja, año con año fue menor la fracción vehicular que utilizó este combustible (véase **Figura 28**).

Figura 28. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector Transporte (tamaño de la burbuja peta Julios).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, Base de datos del padrón vehicular de S.L.P. 2005.

Analizando la información del **Cuadro 20** tenemos que el diesel genera 74,4 Gg de CO₂e por consumo de un pJ, en comparación con la gasolina que genera 69,6 Gg de CO₂e por consumo de un pJ y el gas LP 63,2 Gg de CO₂e por consumo de un pJ.

5.8 Emisiones de GEI sector Generación eléctrica

La electricidad que se generó en el estado durante el periodo de estudio fue para uso público y privado, a esta última se le describe en Prospectivas de Petrolíferos de la SENER como Autogeneración, con base a lo anterior se ha desglosado las emisiones generadas por generación de energía eléctrica de uso privado y la generación de electricidad de uso público, el **Cuadro 24** muestra que la

Generación de Electricidad o Autogeneración aportó al total de emisiones un total de 9 021,3 Gg de CO₂e, cuya fracción porcentual es el 11,4%, estas emisiones son generadas por dos termoeléctricas que son la Termoeléctrica del Golfo, S. de R.L. de C.V. y la Termoeléctrica Peñoles, S. de R.L. de C.V., ambas funcionan con coque de petróleo como combustible principal el cual aporta el 99,01% de las emisiones, utilizan también diesel y gas Natural que en conjunto aportan el 0,9% de las emisiones, ambas termoeléctricas comenzaron operaciones en el año 2003.

Cuadro 24. Emisiones de GEI generadas en la subcategoría de la Generación eléctrica de uso privado durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂ equivalentes)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gas Natural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
Coque de petróleo	0,0	0,0	0,0	751,1	2494,3	2682,3	3071,0	8 998,7
Diesel	0,0	0,0	0,0	4,8	5,4	5,3	5,9	21,6
TOTAL	0,0	0,0	0,0	756,0	2 499,7	2 687,7	3 078,0	9 021,3

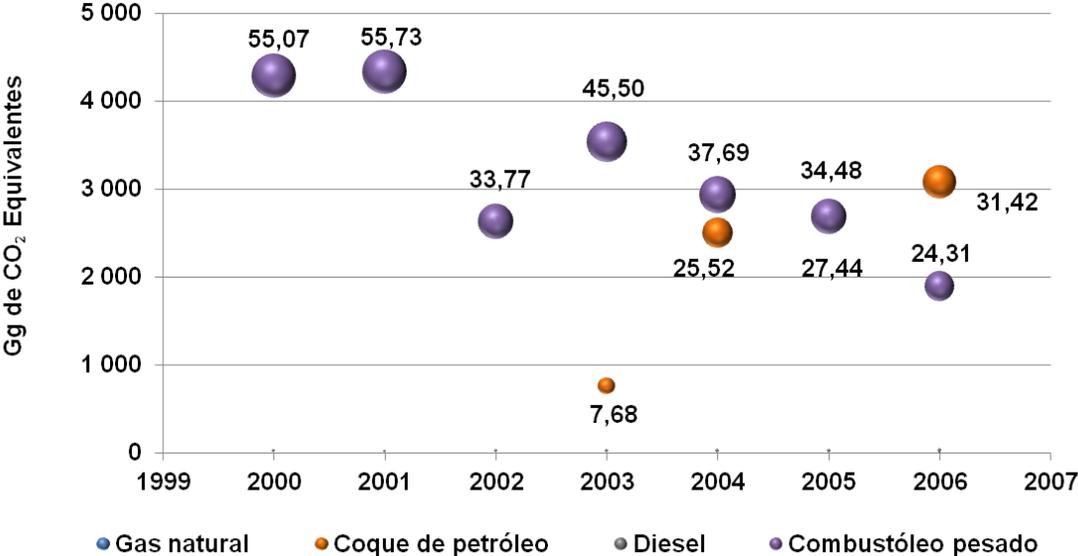
La generación de electricidad de uso público se genera en la termoeléctrica de Villa de Reyes a cargo de la Comisión Federal de electricidad, para el periodo de estudio género un total de 22 367,4 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 25**), lo que representa el 28,2% del total de emisiones, su principal combustible es el combustóleo pesado el cual genero el 99,53% del total de las emisiones, la fracción restante 0,47% la aportaron el diesel y el gas natural.

Cuadro 25. Emisiones de GEI generadas en la subcategoría de la Generación eléctrica de uso público durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂e)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Gas Natural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	3,9
Diesel	14,2	13,7	14,7	13,1	14,7	14,4	16,1	100,9
Combustóleo pesado	4278,5	4329,5	2623,9	3535,4	2928,1	2678,8	1888,5	22 262,6
TOTAL	4 292,7	4 343,2	2 638,5	3 548,5	2 942,8	2 693,3	1 908,5	22 367,4

Las emisiones generadas en la generación de electricidad surgen principalmente del consumo de dos combustibles combustóleo pesado y coque de petróleo (véase **Figura 29**), el diesel y el gas natural prácticamente no figuran para su análisis (al menos durante el periodo de estudio); el combustóleo pesado muestra una caída repentina en el año 2002 la cual se sobrepone en el año 2003 y en los años siguientes se mantiene a la baja, por su parte, el coque de petróleo mantuvo un crecimiento constante tanto en las emisiones generadas como en la demanda energética.

Figura 29. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector Generación Eléctrica (tamaño de la burbuja peta Julios).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE.

En el análisis de Gg de CO₂e generados por consumo de un pJ (**Cuadro 20**) observamos que el coque de petróleo genera 97,7 Gg de CO₂e generados por consumo de un pJ y el combustóleo pesado genera 77,7 Gg de CO₂e generados por consumo de un pJ.

5.9 Emisiones de GEI sector Industria

La industria contribuyó con el 29% de las emisiones totales esto es 3 680,8 Gg de CO₂e (véase **Cuadro 26**), en la industria y de acuerdo a sus procesos de producción se utiliza una variedad más extensa de combustibles fósiles, el mayor generador de emisiones durante el periodo 2000-2006 fue el bagazo de caña aportando el 38,8% de las emisiones de la subcategoría, el segundo puesto lo ocupó el combustóleo pesado generando el 24,6% de las emisiones, la tercer mayor contribución la realizó el coque de petróleo con el 16% de las emisiones, muy de cerca le siguió el gas natural quien aportó el 15,5% de las emisiones, por último el gas LP, el diesel y combustóleo ligero realizan en conjunto el 5% de las emisiones totales, generando el 3,4%, 0,9% y 0,7% de las emisiones respectivamente.

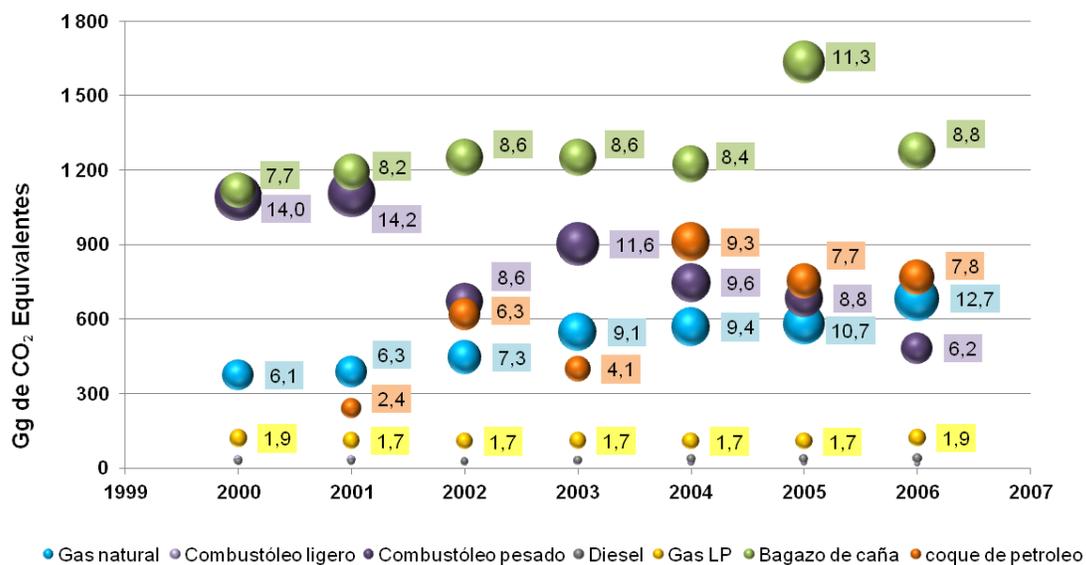
Cuadro 26. Emisiones de GEI generadas en la subcategoría Industria durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂ equivalentes)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Bagazo de caña	373,4	385,1	443,9	547,0	567,2	577,1	680,4	3 574,2
Combustóleo Pesado	32,7	33,1	20,1	27,0	22,4	20,5	14,4	170,3
Coque de petróleo	1 089,7	1 102,6	668,3	900,4	745,7	682,2	481,0	5 669,9
Gas Natural	24,5	23,6	25,3	30,9	34,7	34,1	37,9	211,0
Gas LP	119,0	109,3	107,4	108,9	107,1	106,3	120,0	777,9
Diesel	1 115,5	1 191,2	1 249,8	1 248,5	1 221,8	1 632,3	1 274,0	8 933,1
Combustóleo Ligero	0,0	238,2	617,7	397,8	909,1	752,5	765,5	3 680,8
TOTAL	2 754,8	3 083,2	3 132,4	3 260,5	3 608,1	3 805,0	3 373,2	23 017,2

En la **Figura 30** resulta interesante observar la demanda energética de cada combustible y las emisiones que genera destaca que el bagazo de caña genera la mayor cantidad de emisiones a pesar de que su demanda en pJ está por debajo de otros combustibles como el combustóleo pesado, como lo fue en el año 2000 y 2001, en el año 2002 el combustóleo pesado tuvo una demanda energética de 8,6 pJ, la misma demanda energética que tuvo el bagazo de caña, pero a diferencia de éste el combustóleo pesado generó una cantidad menor de emisiones de GEI, si nos ubicamos en el año 2004 se aprecia claramente que las emisiones de

bagazo de caña destacan entre las generadas por los demás combustibles, el coque de petróleo generó una mayor cantidad de emisiones que el combustóleo pesado, y este a su vez generó una mayor cantidad de emisiones que el gas natural, pero en orden inverso el gas natural tuvo una mayor demanda energética que el combustóleo pesado y este una mayor demanda que el coque de petróleo.

Figura 30. Comparación entre la demanda energética y las emisiones generadas en el sector Industrial (tamaño de la burbuja peta Julios).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE.

Complementando la información de la **Figura 30** tenemos en el **Cuadro 20** que el bagazo de caña, el mayor generador de emisiones de la industria genera 144,9 Gg de CO₂e por consumo de un pJ mientras que el gas natural genera 58,2 Gg de CO₂e por consumo de un pJ.

El **Cuadro 27** muestra las emisiones generadas por sector industrial, la industria de alimentos, bebidas y tabaco 9 989,8 de CO₂e, las cuales representan el 43,4% del total de las emisiones, el 35,6% de las emisiones son generadas por la industria de la construcción, sumando la contribución de estos dos sectores

tenemos el 79% del total de las emisiones, el tercer sector que genera la mayor cantidad de emisiones es la industria de los minerales no metálicos con el 8,1%, el 13,9% restante lo generan los diez sectores restantes cuya mayor contribución no rebasa el 3% de las emisiones.

Cuadro 27. Emisiones de GEI generadas por sector Industrial durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂ equivalentes)

Sector Industrial	clasificación	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	TOTAL
Hierro y acero	1A2a	539,4	0,2	0,3	539,9
Metales no ferrosos	1A2b	245,6	0,1	0,1	245,9
Química	1A2c	228,0	0,2	0,4	228,6
Papel y editoriales	1A2d	505,5	0,2	0,3	506,0
Alimentos, bebidas y tabaco	1A2e	9 871,5	39,6	78,7	9 989,8
Minerales no metálicos	1A2f	1 871,2	0,7	1,1	1 873,0
Equipo de transporte	1A2g	232,4	0,1	0,4	232,9
Maquinaria	1A2h	0,0	0,0	0,0	0,0
Minería	1A2i	545,4	0,3	0,7	546,3
Madera y productos de madera	1A2j	0,0	0,0	0,0	0,0
Construcción	1A2k	8 166,4	6,0	17,8	8 190,3
Textil y cuero	1A2l	110,2	0,1	0,1	110,4
Otras	1A2m	553,8	0,2	0,4	554,4
TOTAL		22 869,3	47,7	100,3	23 017,4

Revisando la información mostrada en el **Cuadro 28**, tenemos que el combustible de uso industrial que mayor cantidad de emisiones genera es el bagazo de caña y se usa únicamente en la industria de alimentos, bebidas y tabaco esto representa el 38,8% de las emisiones totales, el siguiente combustible fósil de mayor uso es el combustóleo pesado y su uso principal es en la industria de la construcción donde se generan el 19,1% del total de las emisiones, el tercer combustible que genera la mayor cantidad de emisiones es el coque de petróleo utilizado en la industria del cemento y contribuye al total de emisiones con el 16%, la industria de los minerales no metálicos generan el 8% de las emisiones totales solo por consumo de gas natural, estos cuatro sectores industriales por consumo de bagazo de caña, combustóleo pesado, coque de petróleo y gas natural

representan el 81,8% de las emisiones totales de la sub categoría industria, y 23,7% de las emisiones totales de la categoría de energía.

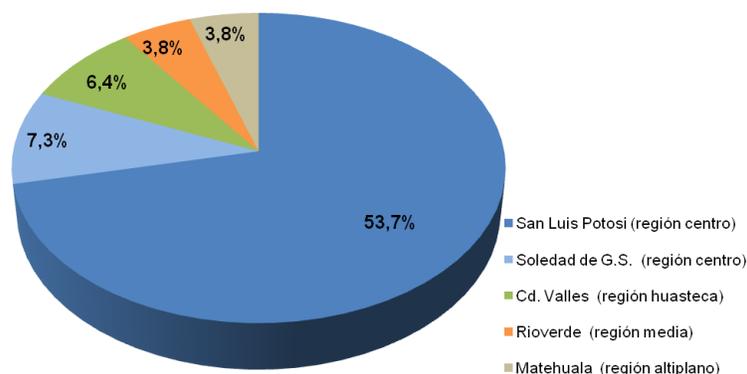
Cuadro 28. Emisiones de GEI generadas por sector Industrial y por tipo de combustible durante el periodo 2000-2006 (Gigagramos de CO₂ equivalentes)

Sector Industrial	clasificación	Bagazo de caña	Combustóleo pesado	Coque de petróleo	Gas natural	Gas LP	Diesel	Combustóleo ligero	TOTAL
Hierro y acero	1A2a	0,0	0,0	0,0	517,84	15,2	1,9	4,9	539,9
Metales no ferrosos	1A2b	0,0	0,0	0,0	200,22	45,0	0,7	0,0	245,9
Química	1A2c	0,0	149,9	0,0	48,85	17,0	12,8	0,0	78,7
Papel y editoriales	1A2d	0,0	16,3	0,0	489,76	0,0	0,0	0,0	489,8
Alimentos, bebidas y tabaco	1A2e	8 933,1	879,4	0,0	144,92	10,8	16,4	5,1	177,3
Minerales no metálicos	1A2f	0,0	20,8	0,0	1 830,96	0,0	2,6	18,7	1 852,3
Equipo de transporte	1A2g	0,0	0,0	0,0	111,29	0,0	6,1	115,5	232,9
Maquinaria	1A2h	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Minería	1A2i	0,0	180,4	0,0	0,00	335,7	30,2	0,0	365,9
Madera y productos de madera	1A2j	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Construcción	1A2k	0,0	4 386,9	3 680,8	0,00	0,0	96,5	26,1	122,6
Textil y cuero	1A2l	0,0	36,1	0,0	0,00	73,4	0,9	0,0	74,2
Otras	1A2m	0,0	0,0	0,0	230,57	280,8	43,0	0,0	554,4
TOTAL		8 933,1	5 669,9	3 680,8	3 574,4	777,9	211,0	170,3	4 733,7

5.10 Factores de emisión generados por MOBILE6

Para alimentar la base de datos del MOBILE6 se realizó la clasificación de la flota vehicular del estado, de esta clasificación tenemos que para el periodo de estudio se registraron 449 526 vehículos automotores de los cuales el 75% de la flota vehicular se concentra en los cinco municipios que se muestran en la **Figura 31**.

Figura 31. Distribución de la flota vehicular por municipio durante el periodo 2000-2006.



Fuente: Elaboración propia con información de Base de datos de la flota vehicular de S.L.P. 2005.

De los vehículos que utilizan diesel como combustible el 77,5% de esta flota vehicular se concentra en la zona metropolitana de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Rioverde, Matehuala y Ciudad Valles (véase **Cuadro 29**), estos mismos municipios representan el 74.,9% del total de la flota vehicular que utilizan gasolina como combustible; adicionalmente estos vehículos fueron clasificados de acuerdo a los estándares requeridos para el MOBILE6, la clasificación se llevó a cabo para el 100% de la flota vehicular del estado, en el **Cuadro 30** se muestran los resultados de la clasificación realizada a la flota vehicular de los municipios que concentran el 70% de la flota total, y presenta la fracción vehicular que corresponde a cada uno de los 28 diferentes tipos de vehículos que contiene la clasificación.

Cuadro 29. Distribución vehicular por tipo de combustible y por municipio durante el periodo 2000-2006.

HUASTECA			ALTIPLANO		
Municipio	Diesel	Gasolina	Municipio	Diesel	Gasolina
AQUISMON	0.28%	0.18%	CATORCE	0.03%	0.13%
AXTLA DE TERRAZAS	0.33%	0.29%	CEDRAL	0.44%	0.65%
CIUDAD VALLES	11.38%	6.24%	CHARCAS	0.17%	0.63%
COXCATLAN	0.09%	0.10%	GUADALCAZAR	0.35%	0.41%
EBANO	1.07%	1.15%	MATEHUALA	2.61%	3.81%
EL NARANJO	1.67%	0.50%	MOCTEZUMA	0.06%	0.29%
HUEHUETLAN	0.01%	0.11%	SALINAS	0.49%	1.35%
MATLAPA	0.45%	0.19%	SANTO DOMINGO	0.07%	0.22%
SAN ANTONIO	0.02%	0.04%	VANEGAS	0.02%	0.09%
SAN MARTIN CHALCHICUAUTLA	0.02%	0.12%	VENADO	0.07%	0.37%
SAN VICENTE TANCUAYALAB	0.19%	0.54%	VILLA DE ARISTA	0.46%	0.28%
TAMASOPO	1.48%	0.57%	VILLA DE GUADALUPE	0.05%	0.11%
TAMAZUNCHALE	1.93%	1.52%	VILLA DE LA PAZ	0.07%	0.14%
TAMPACAN	0.06%	0.10%	VILLA DE RAMOS	0.62%	0.64%
TAMPAMOLON CORONA	0.02%	0.10%	VILLA HIDALGO	0.36%	0.33%
TAMUIN	2.16%	0.96%			
TANCANHUITZ DE SANTOS	0.47%	0.24%			
TANLAJAS	0.06%	0.06%			
TANQUIAN DE ESCOBEDO	0.32%	0.28%			
XILITLA	0.55%	0.62%			
Subtotal	22.55%	13.91%	Subtotal	5.87%	9.46%
MEDIA			CENTRO		
Municipio	Diesel	Gasolina	Municipio	Diesel	Gasolina
ALAHUAC	0.07%	0.13%	AHUALULCO	0.17%	0.52%
CARDENAS	0.48%	0.64%	ARMADILLO DE LOS INFANTE	0.05%	0.06%
CERRITOS	0.01%	0.93%	CERRO DE SAN PEDRO	0.04%	0.07%
CIUDAD DEL MAIZ	0.57%	0.99%	MEXQUITIC DE CARMONA	0.30%	1.37%
CIUDAD FERNANDEZ	1.22%	1.44%	SAN LUIS POTOSI	54.19%	53.68%
LAGUNILLAS	0.05%	0.17%	SANTA MARIA DEL RIO	0.61%	1.32%
RAYON	0.39%	0.53%	SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ	6.49%	7.33%
RIOVERDE	2.80%	3.81%	TIERRANUEVA	0.08%	0.30%
SAN CIRO DE ACOSTA	0.35%	0.56%	VILLA DE ARRIAGA	0.45%	0.93%
SAN NICOLAS TOLENTINO	0.04%	0.14%	VILLA DE REYES	2.54%	0.92%
SANTA CATARINA	0.01%	0.11%	VILLA DE ZARAGOZA	0.45%	0.32%
VILLA JUAREZ	0.22%	0.37%			
Subtotal	6.21%	9.81%	Subtotal	65.38%	66.82%

Cuadro 30. Distribución del parque vehicular por municipio durante el periodo 2000-2006, tomando como referencia la clasificación para MOBILE6.

No.	Descripción	Abreviación	San Luis Potosí	Soledad de G.S.	Cd. Valles	Matehuala	Rioverde
1	Light-Duty Gasoline Vehicles (Passenger Cars)	LDGV	63.0%	57.3%	53.4%	48.5%	36.3%
2	Light-Duty Gasoline Trucks 1 (0-6,000 lbs. GVWR, 0-3,750 lbs. LVW)	LDGT1	8.1%	13.9%	6.1%	17.2%	8.8%
3	Light-Duty Gasoline Trucks 2 (0-6,000 lbs. GVWR, 3,751-5,750 lbs. LVW)	LDGT2	7.9%	13.3%	23.6%	9.9%	29.7%
4	Light-Duty Gasoline Trucks 3 (6,001-8,500 lbs. GVWR, 0-5,750 lbs. ALVW)	LDGT3	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%
5	Light-Duty Gasoline Trucks 4 (6,001-8,500 lbs. GVWR, greater than 5,751 lbs. ALVW)	LDGT4	1.8%	2.4%	2.0%	0.7%	6.9%
6	Class 2b Heavy-Duty Gasoline Vehicles (8,501-10,000 lbs. GVWR)	HDGV2b	1.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.3%
7	Class 3 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (10,001-14,000 lbs. GVWR)	HDGV3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	Class 4 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (14,001-16,000 lbs. GVWR)	HDGV4	4.4%	0.4%	0.1%	0.2%	0.7%
9	Class 5 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (16,001-19,500 lbs. GVWR)	HDGV5	0.1%	0.2%	0.2%	1.0%	0.6%
10	Class 6 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (19,501-26,000 lbs. GVWR)	HDGV6	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%
11	Class 7 Heavy-Duty Gasoline Vehicles (26,001-33,000 lbs. GVWR)	HDGV7	0.0%	0.0%	1.7%	0.4%	0.2%
12	Class 8a Heavy-Duty Gasoline Vehicles (33,001-60,000 lbs. GVWR)	HDGV8a	0.1%	0.2%	0.0%	0.1%	1.1%
13	Class 8b Heavy-Duty Gasoline Vehicles (>60,000 lbs. GVWR)	HDGV8b	0.1%	0.0%	0.6%	0.4%	0.4%
14	Light-Duty Diesel Vehicles (Passenger Cars)	LDDV	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
15	Light-Duty Diesel Trucks 1 and 2 (0-6,000 lbs. GVWR)	LDDT12	0.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
16	Class 2b Heavy-Duty Diesel Vehicles (8,501-10,000 lbs. GVWR)	HDDV2b	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
17	Class 3 Heavy-Duty Diesel Vehicles (10,001-14,000 lbs. GVWR)	HDDV3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
18	Class 4 Heavy-Duty Diesel Vehicles (14,001-16,000 lbs. GVWR)	HDDV4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19	Class 5 Heavy-Duty Diesel Vehicles (16,001-19,500 lbs. GVWR)	HDDV5	0.1%	0.1%	0.6%	0.1%	0.3%
20	Class 6 Heavy-Duty Diesel Vehicles (19,501-26,000 lbs. GVWR)	HDDV6	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.3%
21	Class 7 Heavy-Duty Diesel Vehicles (26,001-33,000 lbs. GVWR)	HDDV7	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%	0.3%
22	Class 8a Heavy-Duty Diesel Vehicles (33,001-60,000 lbs. GVWR)	HDDV8a	0.4%	0.6%	0.6%	0.1%	0.3%
23	Class 8b Heavy-Duty Diesel Vehicles (>60,000 lbs. GVWR)	HDDV8b	0.4%	0.4%	2.1%	0.3%	0.5%
24	Motorcycles (Gasoline)	MC	9.1%	8.8%	5.7%	18.8%	12.0%
25	Gasoline Buses (School, Transit and Urban)	HDGB	0.4%	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%
26	Diesel Transit and Urban Buses	HDDBT	2.0%	1.2%	1.4%	0.4%	0.2%
27	Diesel School Buses	HDDBS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
28	Light-Duty Diesel Trucks 3 and 4 (6,001-8,500 lbs. GVWR)	LDDT34	0.4%	0.2%	0.8%	0.2%	0.3%

Fuente: Elaboración propia con información de Base de datos de la flota vehicular de S.L.P. actualizado 2009.

Se ingresaron al MOBILE 6 los datos requeridos y mencionados en la metodología y se llevaron a cabo doce corridas del modelo para las regiones y periodos de estudio que muestra el **Cuadro 31**.

Cuadro 31. Corridas MOBILE6 para las cuatro regiones de San Luis Potosí durante el periodo 2000-2006.

No. De corrida	Región	Año de corrida del modelo
1.	Altiplano	2000
2.	Centro	2000
3.	Huasteca	2000
4.	Media	2000
5.	Altiplano	2003
6.	Centro	2003
7.	Huasteca	2003
8.	Media	2003
9.	Altiplano	2006
10.	Centro	2006
11.	Huasteca	2006
12.	Media	2006

MOBILE6 arroja los datos de factores de emisión para cada uno de los tipos de vehículos que comprenden la clasificación y para los contaminantes HC Hidrocarburos, CO Monóxido de Carbono, NOx óxidos de nitrógeno, CO₂ Bióxido de Carbono, PM₁₋₁₀ Partículas desde 1.0 hasta 10.0 μ, Pb Plomo, SO₂ Bióxido de Azufre, NH₃ Amoniaco, BENZ benceno, entre otros, posteriormente se realizaron las ecuaciones pertinentes para obtener las emisiones totales por contaminante y año; como parte del control de calidad se compararon los resultados de las emisiones de CO₂ obtenidos a partir del MOBILE6 contra las emisiones de CO₂ estimadas a partir de los datos de consumo de los combustibles utilizados en los vehículos automotores del estado (diesel, gas LP y gasolinas), los resultados de ambas metodologías se muestran en el **Cuadro 32**.

Cuadro 32. Resultados de la estimación de emisiones de CO por tipo de metodología (Gigagramos)

Metodología	2000	2003	2006
MOBILE6	1 917,97	2 003,59	2 010,55
Datos de consumo de combustible	1811,53	2398,39	3053,83

Con base a los resultados mostrados en el **Cuadro 32** se determinó que los valores arrojados por el MOBILE6 no mostraban una variación coherente entre los años analizados, por lo que resulta claro que alguno de los datos que integraron la información de entrada para las corridas de MOBILE6 no fueron desarrollados adecuadamente, por lo cual los resultados obtenidos a partir de MOBILE6 no fueron utilizados para este estudio por carecer de confiabilidad y no cumplir con la calidad deseada para el inventario.

5.11 Incertidumbre obtenida en el IEEGEI categoría Energía

De acuerdo a la metodología planteada para calcular la incertidumbre en el Nivel 2 para el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero sector energía, 2000-2006 y tomando en cuenta el año 2000 como el año base de nuestro periodo de estudio, se obtuvieron los resultados mostrados en el **Cuadro 33**; y es claro observar que la certidumbre obtenida para cada uno de los años está por encima del 85%, lo cual coloca a nuestro inventario como una herramienta con la suficiente confiabilidad para elaborar estrategias robustas de mitigación de GEI.

Cuadro 33. Resultados del cálculo de la Incertidumbre para los años de la serie de tiempo 2000-2006 (Porcentaje)

Periodo	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones totales estatales	Certidumbre en la tendencia de las emisiones totales estatales
2000-2001	11,0%	89,0%
2000-2002	11,5%	88,5%
2000-2003	13,0%	87,0%
2000-2004	17,7%	82,3%
2000-2005	17,5%	82,5%
2000-2006	18,3%	81,7%

MITIGACIÓN DE GEI SECTOR ENERGÍA

La importancia de elaborar un inventario de GEI es generar información de calidad las cuales en conjunto con el valioso trabajo realizado por el equipo del PEACC de San Luis Potosí permitieron generar los cimientos para establecer estrategias de gestión adecuadas a las necesidades del estado.

Para poder establecer las estrategias de mitigación del sector energía en primera instancia se debe definir cuáles son las categorías principales de fuente, las cuales fueron identificadas con base a los resultados de mayor cantidad de emisiones generadas durante el periodo de estudio, estos son: 1.) Industria, la cual emite el 29,0% de las emisiones totales, le siguen por orden de contribución 2.) Generación de energía pública (28,2%), 3.) Fuentes móviles (21,2%), 4.) Generación de energía privada (11,4%), 5.) y el sector Doméstico (9,4%), estas cinco subcategorías generan el 99,2% de las emisiones totales, lo que las coloca como las categorías principales de fuente de emisión del sector energía (véase **Cuadro 34**).

Cuadro 34. Contribución al total de emisiones por categoría de fuente, 2000-2006 (Gg de CO₂e)

Subcategoría	TOTAL	% de contribucion	% de contribución acumulado
Industria	23 017,4	29,0%	
GE Pública	22 367,4	28,2%	57,2%
Fuentes móviles	16 854,3	21,2%	78,4%
GE Privada	9 021,3	11,4%	89,8%
Doméstico	7 460,4	9,4%	99,2%
Agrícola	477,8	0,6%	99,8%
Comercial	153,2	0,2%	100,0%
TOTAL	79 351,7	100%	

Adicional a este análisis se elaboró una relación de las fuentes clave de acuerdo al tipo de combustible que consumen y a la cantidad de emisiones generadas por el consumo del mismo; de acuerdo a esto observamos en el **Cuadro 35** que el principal emisor es el combustóleo pesado que se consume en la generación de energía pública el cual genera el 28,06% de las emisiones totales; le siguen las gasolinas de las fuentes móviles (12,75%); el coque de petróleo de la generación

de energía de uso privado (11,34%); del cual hay que señalar que sus emisiones comienzan a contabilizarse a partir del año 2003, año en que comienzan operaciones las termoeléctricas instaladas en el municipio de Tamuín; el siguiente combustible en la lista es el bagazo de caña de la industria cañera (11,26%); el diesel que se consume en el transporte (8,09%); combustóleo pesado de la industria (7,15%); leña de uso doméstico (6,61%); coque de petróleo (4,64%) y gas natural (4,50%) ambos de uso industrial y el gas LP de uso doméstico (2,69%); sumando el porcentaje de contribución de estos combustibles y su contribución por categoría de fuente tenemos el 97,08% de las emisiones totales.

Finalmente destaca que las emisiones generadas por el uso del combustóleo pesado (28,06%), dejan de lado al total de emisiones generadas por el sector industrial (29%). Sin duda este análisis nos muestra de forma directa cuales son las fuentes-combustible clave para generar las estrategias de gestión adecuadas.

Cuadro 35. Contribución al total de emisiones por subcategoría y tipo de combustible, 2000-2006 (Gg de CO₂e)

Combustible	Subcategoría	TOTAL	% de contribucion	% de contribución acumulado
Combustóleo pesado	GE Pública	22 262,6	28,06%	
Gasolinas	Fuentes móviles	10 115,7	12,75%	40,80%
Coque de petróleo	GE Privada	8 998,7	11,34%	52,14%
Bagazo de caña	Industria	8 933,1	11,26%	63,40%
Diesel	Fuentes móviles	6 422,8	8,09%	71,50%
Combustóleo pesado	Industria	5 669,9	7,15%	78,64%
Leña	Doméstico	5 245,9	6,61%	85,25%
Coque de petróleo	Industria	3 680,8	4,64%	89,89%
Gas natural	Industria	3 574,2	4,50%	94,39%
Gas LP	Doméstico	2 133,2	2,69%	97,08%
Gas LP	Industria	777,9	0,98%	98,06%
Diesel	Agrícola	317,3	0,40%	98,46%
Gas LP	Fuentes móviles	315,8	0,40%	98,86%
Diesel	Industria	211,2	0,27%	99,13%
Combustóleo ligero	Industria	170,3	0,21%	99,34%
Gas LP	Agrícola	160,5	0,20%	99,54%
Gas LP	Comercial	135,0	0,17%	99,71%
Diesel	GE Pública	100,9	0,13%	99,84%
Gas natural	Doméstico	81,3	0,10%	99,94%
Diesel	GE Privada	21,6	0,03%	99,97%
Gas natural	Comercial	18,1	0,02%	99,99%
Gas natural	GE Pública	3,9	0,00%	100,00%
Gas natural	GE Privada	1,0	0,001%	100,00%
		79 351,7	100,00%	

Con respecto a esta canasta de petrolíferos se elaboró el **Cuadro 36** que muestra una ventana de oportunidades con respecto a la reducción de emisiones por la modificación de la canasta de petrolíferos, esto se obtiene al comparar las emisiones en Gg de CO₂e generadas por tipo de combustible al consumir un petajulio de energía; para complementar la información se agregó el poder calorífico promedio para el periodo de estudio 2000-2006, correspondiente a cada combustible.

Con esta información de manera inmediata podemos observar que al modificar el consumo de combustóleo pesado y el coque de petróleo (ambos utilizados en la generación de energía tanto pública como privada) por gas natural obtendríamos una posible reducción de emisiones de aproximadamente de 9 223 Gg de CO₂e, que representan el 11.6% del total de las emisiones, esto tan solo por el cambio de combustible en la generación de electricidad dentro del estado. Cabe señalar que nuestro análisis no contempla otro tipo de impactos ambientales o sociales, asociados al cambio de la canasta de combustibles mostrados en el **Cuadro 36**.

Cuadro 36. Posibilidad de reducción de emisiones de GEI en Gg de CO₂e por petajulio (pj) consumido.

Combustibles	Bagazo de caña	Leña	Coque de petróleo	Combustóleo		Diésel	Gasolinas	Gas LP	Gas Natural
				pesado	ligero				
Poder Calorífico *	7 055 (MJ/t)	14 486 (MJ/t)	30 668 (MJ/t)	6 255 (MJ/bl)		5 577 (MJ/bl)	5 023 (MJ/bl)	3 765 (MJ/bl)	239,52 (MJ/bl)
Gg CO ₂ e/Pj	144,9	113,9	97,7	77,7	77,7	74,4	69,6	63,2	58,2
Oportunidad de reducción de emisiones de GEI									
Coque de petróleo	32,6%	-	-	-	-	-	-	-	-
Combustóleo	46,4%	-	20,5%	-	-	-	-	-	-
Diésel	48,7%	-	23,8%	4,2%	-	-	-	-	-
Gasolinas	-	-	-	-	6,5%	-	-	-	-
Gas LP	56,4%	44,5%	35,3%	18,7%	15,1%	9,2%	-	-	-
Gas Natural	59,8%	48,9%	40,4%	25,1%	21,8%	-	7,9%	-	-

*= El poder calorífico mostrado representa el valor promedio para cada combustible durante el periodo de estudio 2000-2006.

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

Otras alternativas de mitigación de emisiones presentadas en este documento son las propuestas presentadas en el informe del PEACC y para los cuales se han diseñado diversos objetivos⁶, de los cuales en el presente trabajo solo se muestran los concernientes al sector energía.

1.- Detección y atribución de las diferentes formas del cambio climático.	
Objetivo 1.1: Detección y atribución de las diferentes formas del cambio climático.	
Acciones	Factibilidad
Establecimiento de un Comité Intersecretarial estatal sobre cambio climático.	Alta
Construcción de un Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, con carácter vinculante y transversal en las políticas públicas del Gobierno del Estado.	Alta
Revisión de la legislación estatal para la presentación de iniciativas de reforma que impulsen acciones de mitigación de emisiones de GEI y/o de adaptación al cambio climático.	Alta
Conformación de una oficina experta en consecución de recursos externos para apoyar acciones de mitigación de emisiones de GEI y/o de adaptación al cambio climático.	Alta
Reorientación del presupuesto ordinario del Gobierno Estatal para la aplicación de las medidas urgentes de adaptación al cambio climático y/o mitigación de emisiones de GEI.	Alta

2.- Mitigación de emisiones de GEI.	
Objetivo 2.1: Establecer mecanismos y acciones que induzcan la reducción del consumo eléctrico y que mitiguen las emisiones de GEI.	
Acciones	Factibilidad
Promoción y gestión para que los ayuntamientos transiten a un sistema de alumbrado público basado en energías no convencionales.	Alta
Implantación de un programa estatal de ahorro de energía en edificios públicos.	Muy Alta
Aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada de generación de energía.	Alta

⁶ Los objetivos se muestran de forma íntegra en el capítulo denominado como *Índice de Vulnerabilidad del informe del PEACC de SLP*

Diseño e implantación de auditorías energéticas en edificios públicos.	Muy alta
Promoción del Programa GEI México en la industria potosina con incentivos fiscales locales.	Media
Implantación de un sistema de ahorro de consumo de energía en escuelas públicas de todos los niveles en el estado. Debe incluir un sistema de cogeneración o generación con renovables incluido.	Muy alta
Reducción de pérdidas en la transmisión y distribución de energía.	Media
Objetivo 2.2: Coadyuvar a mitigar las emisiones de GEI mediante el manejo adecuado de residuos.	
Acciones	Factibilidad
Establecimiento de un sistema inter-municipal de gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para la utilización de metano con propósitos de cogeneración eléctrica.	Alta
Aprovechamiento del biogás producido por los residuos ganaderos con fines de generación eléctrica.	Alta
Uso de los sistemas de depuración de aguas residuales para el aprovechamiento del biogás generado en generación de electricidad.	Alta
Objetivo 2.3: Reducir las emisiones de GEI generadas por el sector transporte.	
Acciones	Factibilidad
Promoción y gestión para que las zonas urbanas transiten a un modelo multimodal de transporte público.	Alta
Implantación de un programa estatal de conducción eficiente en transporte público y privado.	Muy Alta
Cumplimiento estricto de la norma de verificación vehicular con el fin de reducir el consumo de combustibles y las emisiones de GEI.	Muy Alta
Programa de incentivos fiscales para la conversión de transporte público hacia combustibles limpios.	Alta
Implantación de un sistema de transporte con carriles confinados en horas pico.	Media
Implantación de un sistema de monitoreo de calidad del aire en zonas conurbadas, aunado a un sistema de inventarios de emisiones estatales de GEI.	Alta

3.- Mitigación de efectos del Cambio Climático.	
Objetivo 3.1: Mejorar sustancialmente el conocimiento sobre los efectos del cambio y la variabilidad del clima en el estado de San Luis Potosí.	
Acciones	Factibilidad
Consolidación del Consejo Consultivo de Cambio Climático.	Alta
Generación de un sistema meteorológico estatal moderno y un banco de datos hidroclimáticos en línea (incluyendo pronóstico numérico y vigilancia satelital).	Media
Construcción de un Sistema Estatal de Alerta Temprana ante riesgos Meteorológicos y Climáticos	Media
Realización de programas municipales de cambio climático y estudios municipales de riesgo y vulnerabilidad ante el cambio climático.	Muy alta
Construcción de estrategias para la restauración de la resiliencia, el incremento de la capacidad adaptativa y la disminución de la vulnerabilidad de los sistemas socio ambientales en SLP.	Muy Alta
Objetivo 3.2: Contribuir a la generación de capital humano en mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático	
Acciones	Factibilidad
Socialización y divulgación del estudio técnico base para la realización del Programa Estatal ante el cambio climático para el estado de San Luis Potosí (PSLPCC).	Muy Alta
Capacitación a académicos y funcionarios gubernamentales de los diferentes niveles, sobre cambio climático y el PSLPCC.	Muy Alta
Apoyo a estudiantes de posgrado para la elaboración de tesis sobre efectos del cambio climático y mitigación de emisiones de GEI en el estado de San Luis Potosí.	Muy Alta
Capacitación a empresarios en innovación orientada al cambio climático.	Alta
Estancias de 10 especialistas (posgraduados) en cambio climático en empresas importantes de la entidad, así como de expertos técnicos en eficiencia energética y en comercio de emisiones (bonos de carbono).	Media

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

La recolección de datos de actividad resultó la tarea más ardua del proceso de elaboración del inventario y Balance de Energía, en el desarrollo de este trabajo fue vital consultar las bases de datos y publicaciones de las diferentes instituciones públicas y privadas, con el objeto de obtener las cifras directas y/o indirectas que permitieron estimar las emisiones de GEI y la demanda energética de SLP, esto inevitablemente nos traslada a realizar un análisis de la calidad de la información proporcionada por las distintas instituciones involucradas en este proceso.

Las instituciones públicas dedicadas al sector energético del país son por obviedad las que ofrecen las bases de datos con las mejores cifras energéticas, además de ofrecer en consulta las diversas publicaciones que complementan las estadísticas energéticas nacionales; así como las memorias del mercado de petrolíferos. Sin embargo su manejo de la información tiene un enfoque de arriba hacia abajo, lo cual dificulta la obtención directa de los datos de actividad, esto tiene como explicación el hecho de que la integración de las estadísticas energéticas es compleja en sus diferentes canales de información como lo son la oferta y la demanda, siendo este último eslabón el que muestra mayores deficiencias para la integración de estadísticas adecuadas para los niveles deseados en la desagregación de las estadísticas.

La base de datos generada a partir de la información contenida en la Cedula de Operación Anual (COA) es crítica para la desagregación de los datos de actividad a nivel sector industrial, pues al analizar las emisiones generadas en este sector, encontramos que, la industria aporta el 29% de las emisiones totales convirtiéndose en el principal generador de emisiones por categoría de fuente. Lamentablemente durante el proceso de elaboración del IEEGEI sector energía y BEE, la información proporcionada a partir de este medio fue insuficiente y de mala la calidad, al mostrar errores trascendentales generados muy probablemente desde la captura de la información y comúnmente relacionados con el manejo de unidades. Otro problema al que nos enfrentamos es al tema de la confidencialidad

de información, pues esta base de datos puede ser generada y publicada anualmente, sin embargo, después de solicitar por diversos medios la autorización para una consulta más nutrida, finalmente solo nos fue proporcionada la base de datos de COA 2005.

Los resultados obtenidos a partir de la elaboración del primer BEE de SLP indican que para el periodo de estudio 2000-2006 se generó en el estado una demanda de 958,9 pJ, la generación de energía pública se posicionó como la categoría de fuente que generó la mayor demanda energética con 287,1 pJ equivalentes al 29,9% del total; le siguió la industria 249,1 pJ lo que representa el 26,0%; y el transporte 236,7 pJ, el 24,7% de la demanda; y el cuarto puesto lo ocupa la generación de energía privada con un 9,7%. Por tipo de combustible se encontró que el combustóleo pesado utilizado principalmente en la Generación de energía pública generó una demanda de 359.5 pJ equivalentes al 33.6%, la gasolina fue la siguiente con 145.4 pJ, el coque de petróleo ocupa el tercer con 129.7 pJ y su principal destino fue la generación de energía privada.

En cuanto a las emisiones de GEI del sector energía se generaron 79,351.7 Gg de CO₂e, de las cuales la industria aportó el 29% de las emisiones, la Generación de energía pública el 28.2%, le siguen las fuentes móviles con el 21.2% y la Generación de energía privada con el 11.4% de contribución. Estas cuatro categorías de fuente integran el 89.8% de las emisiones totales, aquí cabe señalar que según los lineamientos establecidos por el IPCC, la Generación de energía tanto pública como privada conforman una misma categoría de fuente, sin embargo en el análisis de este trabajo se consideran de forma separada haciendo referencia al principio de responsabilidad común pero diferenciada, aplicado en este caso a quien consume finalmente la electricidad generada.

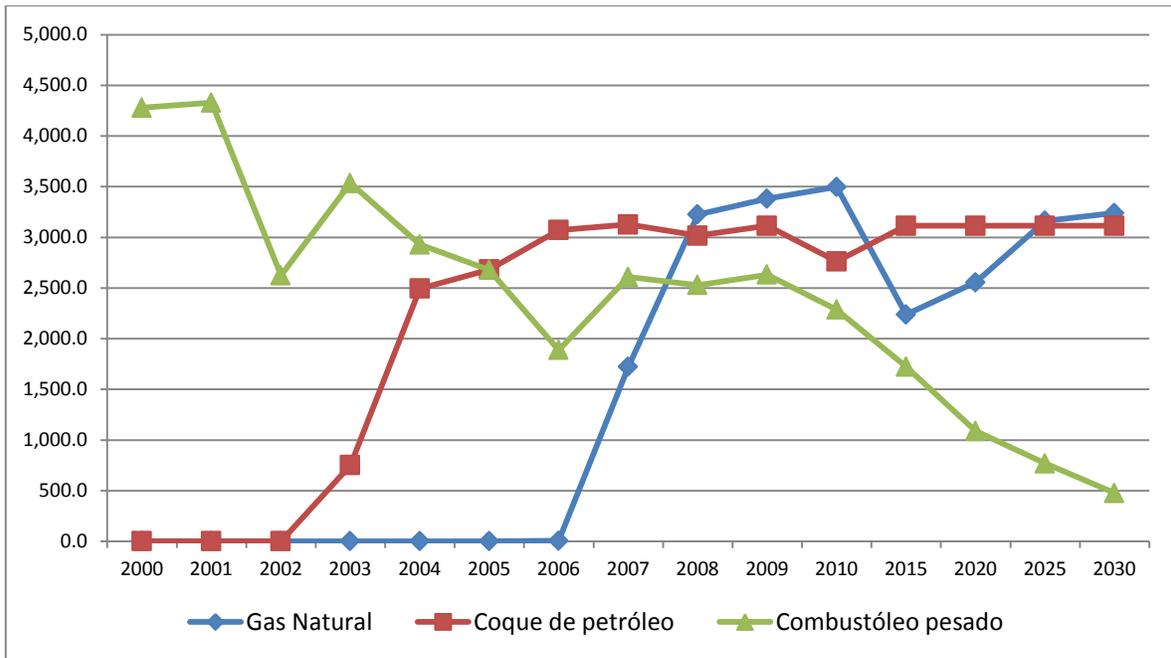
Es relevante mencionar que para el periodo de estudio 2000-2006 las emisiones generadas por la GE privada se contabilizan a partir del año 2003, esto debido a que en este año comenzaron las operaciones de las termoeléctricas del Golfo y Peñoles ambas son definidas por la SENER como empresas de autogeneración, el destino final de su energía es para uso de empresas del grupo peñoles.

Complementando la información del párrafo anterior y como resultado del análisis de la tendencia de las emisiones generadas por el combustóleo pesado de la GE pública y las provenientes del coque de petróleo de la GE privada, observamos que a partir del año 2006 y posteriores la tendencia en cuanto a la generación de emisiones del coque de petróleo de la GE privada se invierte colocándose por encima de las generadas por el combustóleo pesado de la GE pública. Con base en lo anterior, para el periodo actual de estudio 2000-2006 queda de manifiesto que la Generación de energía (GE) pública ha generado un importante impacto ambiental en el estado, pero sin duda se debe comenzar a poner especial atención al impacto que están generando las Termoeléctricas del grupo peñoles las cuales para los años posteriores del actual periodo de estudio generan un impacto ambiental mayor al generado por la Termoeléctrica de Villa de Reyes.

En el mismo contexto a partir del año 2007 aparece en el escenario de generación de emisiones la empresa privada Iberdrola cuya central de ciclo combinado está ubicada en el municipio de Tamazunchale y es catalogada como productora independiente, sus operaciones son con gas natural y de acuerdo a la prospectiva de gas natural prevista al 2030 (véase **Figura 32**) se proyecta que sus emisiones serán muy similares a las generadas por las termoeléctricas dedicadas al abasto de energía del grupo peñoles.

Cabe señalar que la tendencia de las emisiones de GEI, categoría energía fue realizada con base a las prospectivas de petrolíferos que publica la SENER “basada en un escenario con inversiones en proyectos estratégicos que permitirán contar con la infraestructura requerida para atender las necesidades del mercado nacional, así como para cumplir con las metas establecidas en la Estrategia Nacional de Energía.” (SENER, 2010)

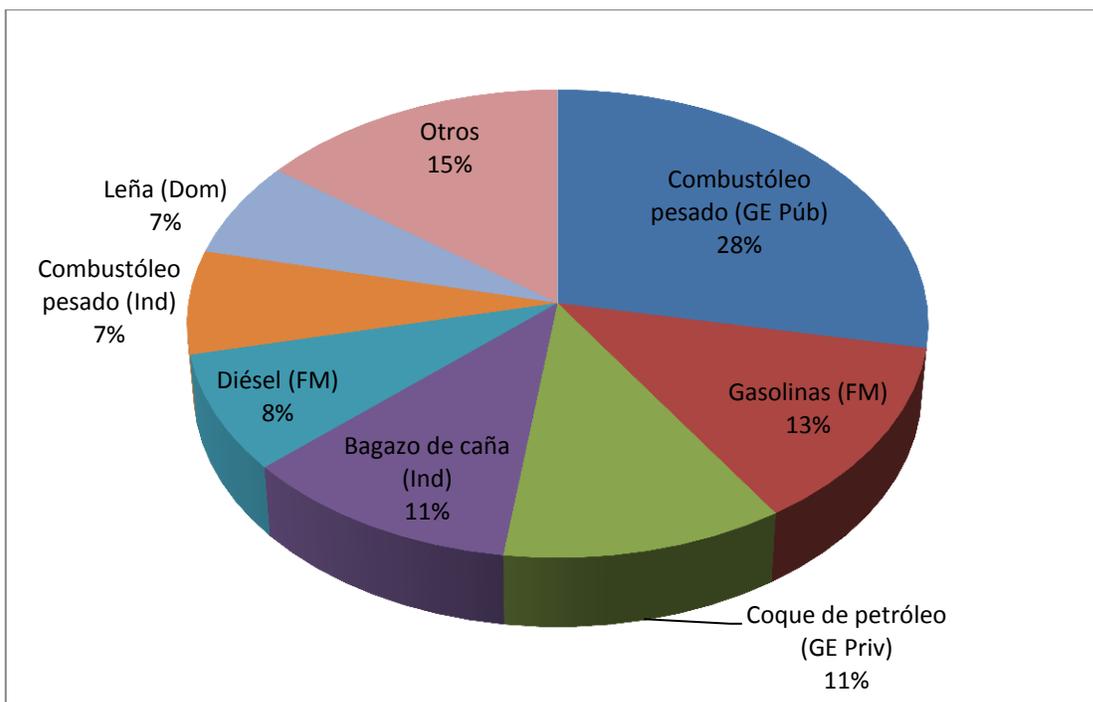
Figura 32. Escenario tendencial de emisiones de GEI de los principales petrolíferos en la generación de energía 2000-2030 (Gg de CO₂e).



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

Un resultado importante surgió de la revisión de las cifras resultantes de la combinación de las emisiones generadas a partir de la fracción consumida de cada combustible por categoría de fuente; se identifican siete fuentes de emisión categoría-combustible que representan el 85.25% equivalente a 67,648.7 Gg de CO₂e del total de las emisiones generadas de GEI (véase **Figura 33**).

Figura 33. Canasta de petrolíferos y su porcentaje de contribución al total de emisiones de GEI sector energía 2000-2006.



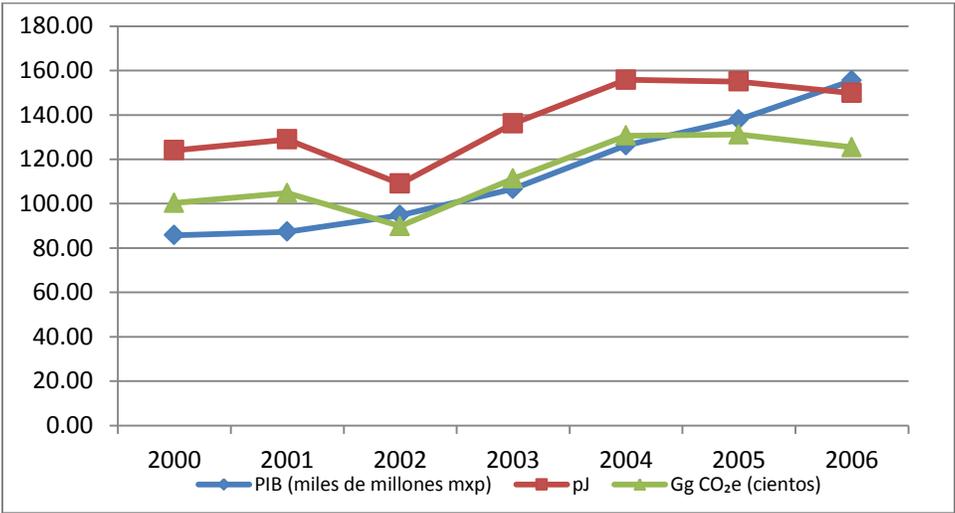
NOTA: Dom= Doméstico, Ind= Industria, GEPúb= Generación de energía pública, FM= Fuentes móviles

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

Con respecto a esta canasta de petrolíferos se generó una ventana de oportunidades basada en la reducción de emisiones a partir de la sustitución de estos combustibles por otros con una generación menor de emisión de GEI, en un cálculo inmediato se observó que al modificar el consumo de combustóleo pesado y el coque de petróleo (ambos utilizados en la generación de energía tanto pública como privada) por gas natural se generó una posible reducción de emisiones de aproximadamente de 9 223 Gg de CO₂e que representan el 11,6% del total de las emisiones. Para llevar a cabo un cálculo más confiable con respecto a la oportunidad en la reducción de emisiones de GEI, es necesario contemplar los diversos factores sociales y/o tecnológicos, así mismo analizar de manera muy profunda el que tanto se debe considerar el factor económico en el momento de la toma de las decisiones.

Al analizar la tendencia presentada durante periodo 2000-2006 con respecto a la demanda energética y las emisiones generadas se añadió el PIB estatal y se observó que existe una correlación entre las emisiones de GEI generadas y la demanda energética (véase **Cuadro 37. Correlación entre las emisiones de GEI generadas, demanda energética y PIB estatales 2000-2006.**), mas no se observa una correlación definida entre el PIB de SLP con relación a la demanda energética y a las emisiones generadas, ya que el PIB del año 2002 no muestra sensibilidad con relación a la caída que hubo en la demanda energética y en la generación de emisiones de ese año.

Cuadro 37. Correlación entre las emisiones de GEI generadas, demanda energética y PIB estatales 2000-2006.



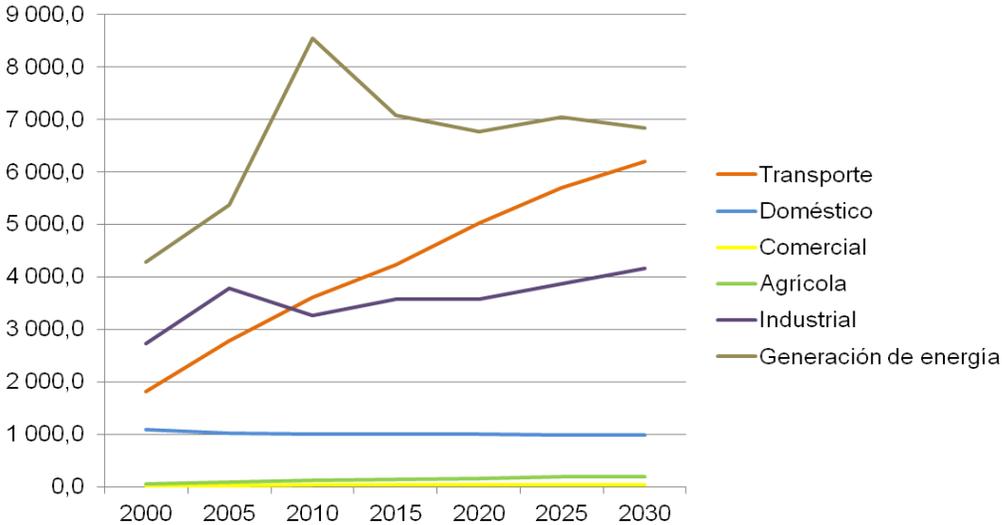
NOTA: PIB en millones de pesos a precios corrientes en valores básicos.

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

Bajo los parámetros prospectivos de la SENER y de mantenerse la situación actual de generación de emisiones, es decir si no se implementara alguna estrategia específica de mitigación de GEI para el estado, el escenario tendencial nos indica que las emisiones de CO₂ (véase **Figura 34**) serán generadas principalmente por la generación de energía (analizada previamente en este capítulo), el transporte y la industria; en el caso del transporte mantendrá una

tendencia lineal a la alza, como resultado de que la flota vehicular por estado a nivel mundial lejos de reducirse tiende a incrementarse; la industria por su parte muestra una discreta pero constante tendencia a la alza, cabe señalar que dentro de la Estrategia Nacional de Energía se tiene contemplada la disminución en el consumo del combustible pesado, lo cual se ve reflejado en las tendencias de emisiones tanto de la industria como de la generación de energía.

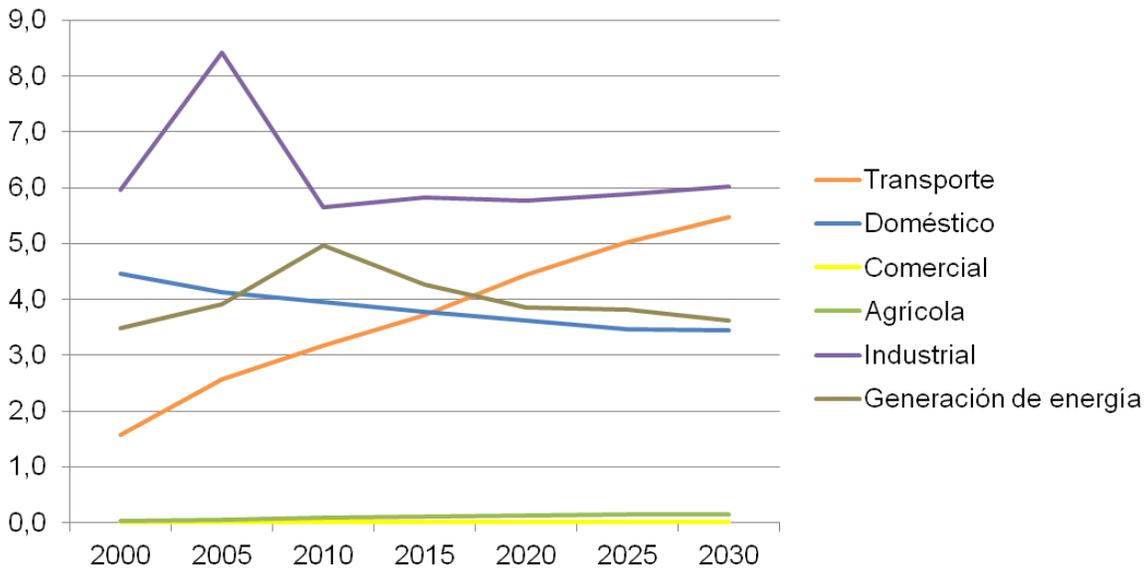
Figura 34. Tendencia en las emisiones de CO₂ por categoría de fuente (Gigagramos)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

El mayor generador de las emisiones de metano es la industria, resaltando en la **Figura 35** el abrupto repunte del año 2005 el cual está asociado al alto consumo de bagazo de caña, para posteriormente mantenerse un incremento constante; por su parte las emisiones domésticas muestran de una manera discreta una tendencia a la baja, producto de una reducción en el consumo de leña.

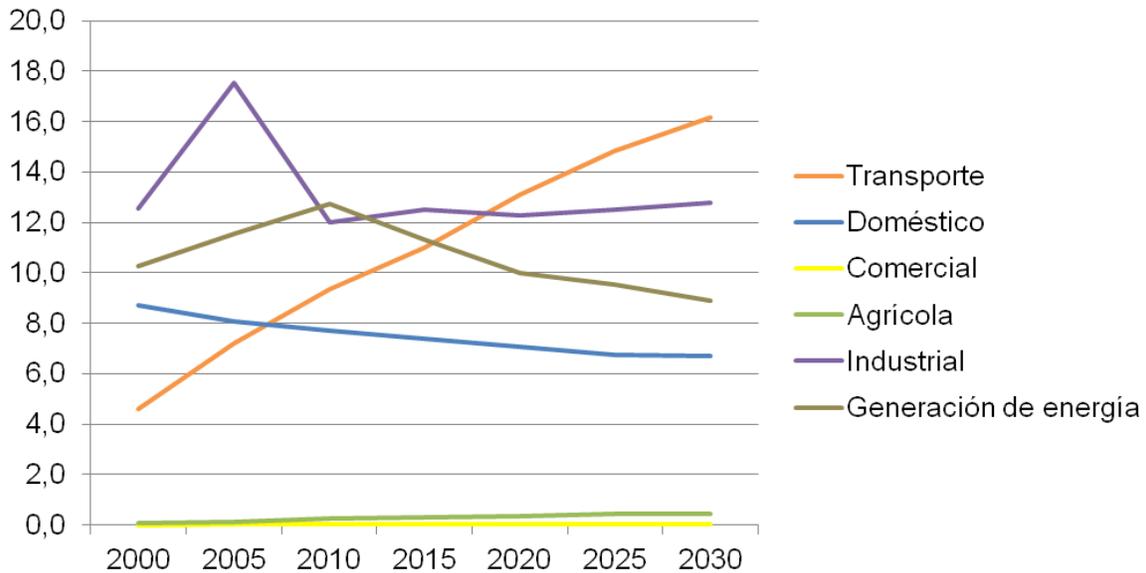
Figura 35. Tendencia en las emisiones de CH₄ por categoría de fuente. (Gg de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

El escenario tendencial para las emisiones de N₂O (véase **Figura 36**) indica que el principal generador de emisiones de este gas continuaran siendo las fuentes móviles, las cuales muestran una constante y notoria participación hacia el año 2030; las emisiones industriales por su parte mantenían una alza importante (debido al repunte del año 2005 del bagazo de caña), para posteriormente estabilizarse y mantener una discreta tendencia a la alza; la generación de energía se mantenía a la alza hacia el año 2010 y en los años posteriores mantiene una tendencia a la baja; las emisiones de la subcategoría domestico mantienen una discreta y constante tendencia a la baja, resultado principalmente de la prevista reducción en el consumo de leña.

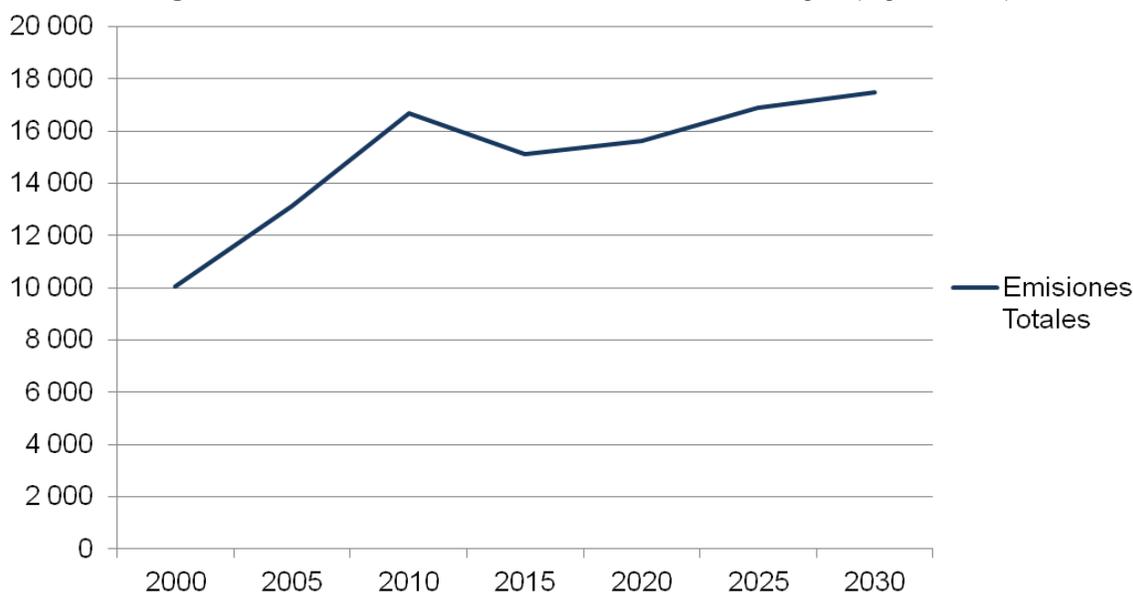
Figura 36. Tendencia en las emisiones de N₂O por categoría de fuente. (Gg de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

En un análisis general el escenario de tendencias en las emisiones de GEI para el estado de San Luis Potosí (véase **Figura 37**) muestra una predisposición a la alza, es notoria una variación del año 2010 al año 2015, la causa más probable se sustenta en el consumo de combustóleo pesado, en cuyas ventas se proyecta una notable disminución. En este sentido es importante señalar que en otros años la industria ha optado por el consumo de combustóleo debido a los altos costos de otros combustibles esto es un factor importante para el diseño de estrategias de mitigación pues el sector privado (industria y autogeneración de electricidad) siempre será muy vulnerable a las variaciones en los costos del mercado de petrolíferos.

Figura 37. Tendencia en las emisiones GEI sector energía (Gg de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, SIE, INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, Unión Nacional de Cañeros A.C.

En el contexto Nacional San Luis Potosí representa el 2,3 % del total de la población de México, y contribuye con el 2,7% del total de las emisiones del sector energía esto de acuerdo con las cifras publicadas en la Quinta Comunicación Nacional (INECC-SEMARNAT, 2012, pág. 201), comparando esta cifra con los estados que ya publicaron su Inventario Estatal de emisiones encontramos que el estado de Veracruz concentra el 6,8% de la población total esto de acuerdo con cifras del censo nacional de población de INEGI 2010, y contribuye con el 3,12% de las emisiones totales; por su parte Nuevo León alberga en su territorio al 4,14% de la población nacional y genera el 4,73% de las emisiones. En cuanto al consumo de la electricidad encontramos que el consumo per cápita anual de electricidad en San Luis Potosí equivale a 1,71 mWh, esto en comparación con la ciudad de México que registra un consumo per cápita de electricidad anual igual 10,54 mWh (véase **Cuadro 38**), esto según datos reportados por el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT, 2011).

Cuadro 38. Tabla comparativa de consumo energético y generación de emisiones de GEI.

	NACIONAL	SLP	CD. DE MÉXICO	VERACRUZ	MONTERREY
CONSUMO ENERGETICO					
Transporte	48%	24,7%	60%	S/D	S/D
Comercial (servicios)		0,3%	3%	S/D	S/D
Doméstico	20%	8,5%	13%	S/D	S/D
Industria	29%	26,0%	24%	S/D	S/D
Agrícola	3%	0,7%	S/D	S/D	S/D
Generación de energía		39,6%	S/D	S/D	S/D
TOTAL (petajulios)	4735.7	958.9			
Gigawatts/hora		4 423,4	160 000	S/D	S/D
CONSUMO ANUAL DE COMBUSTIBLE					
Gasolinas		658,86 miles m ³ /año	8,043 millones m ³ /año	S/D	S/D
Diesel		387,97 miles m ³ /año	2,412 millones m ³ /año	S/D	S/D
Gas Natural		236,07 millones m ³ /año	3 507 millones m ³ /año	S/D	S/D
Gas LP		336,37 miles m ³ /año	4,244 millones m ³ /año	S/D	S/D
Combustóleo ligero		7,93 miles m ³ /año	S/D	S/D	S/D
Combustóleo pesado		1,30 millones m ³ /año	S/D	S/D	S/D
Bagazo de caña		1,25 millones ton/año	S/D	S/D	S/D
Coque de petróleo		604,49 miles ton/año	S/D	S/D	S/D
Leña		454,32 miles ton/año	S/D	S/D	S/D
CONTAMINACIÓN GENERADAS DE GEI SECTOR ENERGÍA en Gg de CO₂e					
CO ₂	358 548,39	11 280,16	S/D	S/D	20 054,06
CH ₄	57 516,09	16,70	S/D	S/D	26,2
N ₂ O	8 457,21	39,07	S/D	S/D	0,14
TOTAL	424 521,69	11 335,93	S/D	13 226,20	20 080,40
CONTAMINACIÓN GENERADAS DE GEI SECTOR ENERGÍA en Gg de CO₂e					
No. De habitantes al 2010	112 336 538	2 585 518	15 175 862	7 643 194	4 653 458

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

El primer inventario de emisiones de GEI de San Luis Potosí que abarca el periodo de estudio 2000-2006 muestra que el estado requirió una demanda energética de 958,9 pJ para llevar a cabo sus actividades, lo cual generó un total de 79,351.7 Gg de CO₂e.

El proceso de identificación de los actores clave reveló que la elaboración de estrategias de mitigación puede resultar un proceso relativamente sencillo, ya que es un sector muy pequeño de la población el que está generando las emisiones de GEI.

La generación de energía es la mayor emisora de GEI dentro del estado pues aporta el 28,2% de las emisiones totales, y tiene una demanda energética 29,9% del total estatal; sus emisiones durante el periodo de estudio fueron generadas por el uso de combustóleo pesado, utilizado en la termoeléctrica de Villa de Reyes, de acuerdo a las tendencias se prevé que sus emisiones disminuyan progresivamente resultado del menor consumo de combustóleo; sin embargo otras generadoras de energía de capital privado van ocupando el papel estelar en la generación de GEI, además de generar otra serie de impactos ambientales al estado. Estas empresas deben ser vigiladas y obligadas a implementar medidas adecuadas para la mitigación de emisiones, sin importar el costo que esta inversión requiera, ya que al no obligarlas, es a la población a la que se le está trasladando los altos costos asociados a los impactos ambientales generados.

La industria del estado genera el 29,0% de las emisiones totales del estado, y genera una demanda energética del 26,0%; los sectores industriales identificados como los de mayor generación de emisiones son el Alimentos, bebidas y tabaco, así como el de la Construcción y el de los minerales no metálicos. La industria siempre ha sido muy susceptible a la alza de precios asociada a los combustibles, lo cual no debe convertirse en el principal factor para la implementación de medidas orientadas a la reducción de emisiones, sin embargo, cuando si es necesario

trabajar en programas adecuados que permitan la reducción de emisiones en la industria y que a la vez logren aumentar su competitividad.

Las fuentes móviles generan el 21,2% de las emisiones totales y tienen una demanda energética 24,7%; una característica de las fuentes móviles es que la flota vehicular tiende a la alza, resultado del crecimiento de la ciudad y por ende de la necesidad de trasladarse a grandes distancias. Las medidas de mitigación en esta categoría deben comenzar por desarrollar programas que permitan renovar en principio la flota vehicular del transporte público (taxi y camión urbano), así como desarrollar arterias viales que permitan un flujo vehicular desahogado en horas pico; es necesario implementar de manera obligatoria las verificaciones vehiculares a autos particulares, así como fomentar y subsidiar el uso de vehículos más ecológicos.

El 80,1% de las emisiones y el 81,5% de la energética se está generando en tan solo cuatro municipios de la ciudad, estos son, Villa de Reyes que genera 28,7% de las emisiones estatales y alberga a la termoeléctrica de la CFE; la zona conurbada de San Luis Potosí genera 20,4% de las emisiones estatales, relacionadas con las fuentes móviles y la actividad industrial; Ciudad Valles genera el 16,1% de las emisiones y están relacionadas con la actividad cañera, o dicho de otro modo el sector industrial dedicado a los Alimentos, bebidas y tabaco; finalmente Tamuín 14,9% de las emisiones estatales, asociadas a actividad de las termoeléctricas del grupo peñoles. Con estos datos nuevamente queda de manifiesto que un sector muy reducido y fácilmente identificable es el que está desarrollando el impacto en el estado, el siguiente paso en este proceso es entregar la cuenta de los daños a los responsables inmediatos.

Para la elaboración de los Inventarios Estatales de Emisiones y del Balance de ESTATAL de Energía posteriores se requiere de estadísticas estatales altamente desagregadas, disponibles en los medios de información adecuados, a fin de que permitan incrementar la confiabilidad de los resultados obtenidos a partir del manejo de las cifras recolectadas y de la estimación de emisiones, ya que son los

resultados generados los que sustentaran la toma de decisiones para la generación de estrategias de gestión adecuadas posteriores.

La metodología para estimar las emisiones de las fuentes móviles basada en el uso de factores de emisión específicos para SLP a partir del modelo MOBILE6, fue una actividad subestimada en la planeación de este trabajo, pues requiere de una mayor inversión de tiempo para desarrollarlo contemplando las posibles fallas que de manera normal ocurren durante el desarrollo del proceso de alimentación y ejecución del programa, por lo tanto, se recomienda retomar posteriormente la elaboración de este inventario, considerando de manera muy seria el tiempo disponible para su desarrollo.

La importancia para generar nuevas herramientas de gestión ambiental como lo son el IEEGEI y el Balance Estatal de Energía, es que permiten desarrollar un análisis de la importancia que tienen los recursos disponibles para el acopio de información. Ambos productos fueron elaborados por primera vez, sin embargo y de acuerdo a lo estipulado en las directrices del IPCC, el IEEGEI será actualizado de manera periódica con la finalidad de poder contabilizar las emisiones de GEI, en este caso las generadas por el sector energía de los periodos siguientes y en lo posible, mejorar las cifras obtenidas en el periodo 2000-2006, y en conjunto con el BEE como su fuente de información, requerirán en el futuro inmediato de estadísticas con mayor certidumbre, que permitan elevar el nivel de confiabilidad de ambos.

En conjunto los resultados obtenidos del IEEGEI sector energía y Balance Estatal de Energía, deben ser, como ya señalo anteriormente, herramientas útiles en la búsqueda de estrategias de mitigación de emisiones y del aprovechamiento adecuado de la energía disponible en el estado, pues en este documento han sido expuestos los diferentes flujos energéticos, los cuales deben ser analizados adecuada y continuamente por los actores involucrados en el desarrollo de estrategias de mitigación.

Finalmente la participación de este proyecto nos muestra lo complejo que resulta lograr la armonía entre el progreso y el bienestar social, considerando siempre que todos tenemos derecho a una mejor calidad de vida y que ningún beneficio económico y particular puede estar por encima del bienestar común.

ANEXOS

Anexo 1. Factores de emisión para gases de efecto invernadero

Bióxido de Carbono (CO₂)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	FE [ton/m3]						
	CO ₂						
Diesel	2.67161	2.59327	2.59327	2.60119	2.68467	2.53031	2.53031
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	1.48279	1.48279	1.48279	1.51376	1.51376	1.49510	1.49510
Gas Natural	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
Combustóleo Ligero	3.11354	3.11354	3.11354	3.01465	3.11159	2.93185	2.93185
Combustóleo Pesado	3.11354	3.11354	3.11354	3.01465	3.11159	2.93185	2.93185
Gasolina	2.23557	2.20286	2.20286	2.11869	2.32497	2.12479	2.12479
Leña	1.62243	1.62243	1.62243	1.62243	1.62243	1.62243	1.62243
Coque de petróleo	3.08802	2.88902	2.99081	2.99081	2.99081	2.99081	2.99081
Bagazo de caña	1.00887	1.00887	1.00887	1.00887	1.00887	1.00887	1.00887

Metano (CH₄)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	FE [ton/m3]						
	CH ₄						
Diesel	0.0001082	0.0001050	0.0001050	0.0001053	0.0001087	0.0001024	0.0001024
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	0.0000235	0.0000235	0.0000235	0.0000240	0.0000240	0.0000237	0.0000237
Gas Natural	0.000000040	0.000000040	0.000000040	0.000000040	0.000000040	0.000000040	0.000000040
Combustóleo Ligero	0.0001207	0.0001207	0.0001207	0.0001168	0.0001206	0.0001136	0.0001136
Combustóleo Pesado	0.0001207	0.0001207	0.0001207	0.0001168	0.0001206	0.0001136	0.0001136
Gasolina	0.0000968	0.0000954	0.0000954	0.0000917	0.0001006	0.0000920	0.0000920
Leña	0.0004346	0.0004346	0.0004346	0.0004346	0.0004346	0.0004346	0.0004346
Coque de petróleo	0.0000950	0.0000889	0.0000920	0.0000920	0.0000920	0.0000920	0.0000920
Bagazo de caña	0.0002117	0.0002117	0.0002117	0.0002117	0.0002117	0.0002117	0.0002117

Óxido Nitroso (N₂O)

Combustible	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	FE [ton/m3]						
	N ₂ O						
Diesel	0.000021632	0.000020998	0.000020998	0.000021062	0.000021738	0.000020488	0.000020488
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	0.000002350	0.000002350	0.000002350	0.000002399	0.000002399	0.000002369	0.000002369
Gas Natural	0.000000004	0.000000004	0.000000004	0.000000004	0.000000004	0.000000004	0.000000004
Combustóleo Ligero	0.000024136	0.000024136	0.000024136	0.000023369	0.000024121	0.000022728	0.000022728
Combustóleo Pesado	0.000024136	0.000024136	0.000024136	0.000023369	0.000024121	0.000022728	0.000022728
Gasolina	0.000019356	0.000019072	0.000019072	0.000018344	0.000020130	0.000018396	0.000018396
Leña	0.000057944	0.000057944	0.000057944	0.000057944	0.000057944	0.000057944	0.000057944
Coque de petróleo	0.000019003	0.000017779	0.000018405	0.000018405	0.000018405	0.000018405	0.000018405
Bagazo de caña	0.000028220	0.000028220	0.000028220	0.000028220	0.000028220	0.000028220	0.000028220

Anexo 2. Datos de actividad recolectados por categoría de fuente

Sector Transporte

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gasolina	m3/año	451,456.17	500,768.47	550,865.88	665,028.82	757,630.64	802,699.11	883,558.85
Diesel	m3/año	279,883.82	277,784.08	297,007.21	363,026.85	386,423.38	408,415.81	453,574.14
Gas LP	m3/año	36,772.19	37,791.63	34,685.41	29,792.19	25,943.08	27,019.34	19,239.42

Sector Doméstico

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gas LP	m3/año	213,580.25	217,410.40	222,394.64	206,228.72	193,884.83	186,008.62	186,472.89
Gas natural	m3/año	0.00	2,955.33	2,858,974.04	6,251,738.82	9,517,017.68	10,808,560.89	7,091,203.68
Consumo de leña	ton/año	511,309.92	502,606.77	494,051.76	485,642.37	477,376.12	472,935.41	468,536.01

Sector Comercial

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gas LP	m³/año	10,459.15	11,834.09	14,192.27	12,807.32	12,339.77	13,164.57	15,438.45
Gas natural	m³/año	0.00	2,388.71	363,609.74	1,007,575.88	1,709,692.91	2,119,311.50	2,942,112.43

Sector Agrícola

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gas LP	m ³ /año	11,668.22	11,610.53	14,936.46	16,906.12	17,947.37	22,644.66	11,438.46
Diesel	m ³ /año	11,976.15	11,919.65	12,744.51	15,556.94	26,288.90	19,943.95	23,208.91

Sector Industrial

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gas natural	m ³ /año	167,748,411.53	173,006,855.07	199,413,109.32	245,732,254.89	254,799,790.15	259,260,078.73	305,641,488.58
Combustóleo ligero	m ³ /año	18,012.64	18,227.26	11,046.60	15,372.13	12,335.19	11,976.79	8,443.28
Combustóleo pesado	m ³ /año	52,283.40	52,906.36	32,063.82	44,619.08	35,804.06	46,740.56	24,507.42
Diesel	m ³ /año	9,121.32	9,078.29	9,706.52	11,848.53	12,895.86	13,423.28	14,940.69
Gas LP	m ³ /año	80,201.81	73,649.59	72,400.40	71,867.60	70,669.91	71,010.29	80,182.84
Bagazo de caña	Ton/año	1,091,465.00	1,165,513.00	1,222,832.00	1,221,512.00	1,195,447.00	1,597,042.00	1,246,487.00
coque de petróleo	Ton/año		82,234.43	206,003.94	132,656.15	303,203.95	250,965.44	255,289.74

Sector Generación de electricidad

Combustible	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gas Natural	m ³ /año	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,227,024.45
Coque de petróleo	Ton/año				250,499.00	831,848.00	894,568.69	1,024,195.00
Diesel	m ³ /año	5,293.33	5,268.36	5,632.94	6,876.00	7,483.79	7,789.86	8,670.45
Combustóleo pesado	m ³ /año	1,188,353.83	1,202,513.06	728,781.30	1,014,150.74	813,793.54	790,148.68	557,031.24

REFERENCIAS

Abel, K., & Gillenwater, M. (2006). Capítulo 8: Garantía de la calidad y control de calidad. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* . IPCC.

Abel, K., Eggleston, S., & Pullus, T. (2006). Capítulo 6: La cuantificación de las incertidumbres en la práctica. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* . IPCC.

Albritton, D. L., & Meira, L. G. (2001). *Technical Summary: A report accepted by Working Group I of the IPCC*.

Barrameda. (2012). *El Clima*. Recuperado el Septiembre de 21 de 2012, de Barrameda.com.ar: <http://www.barrameda.com.ar/universo/el-clima.htm>

Borisonik, H. G. (2008). *Aristóteles y los usos del dinero. Documento de Trabajo N° 179, Universidad de Belgrano*. Recuperado el 05 de Julio de 2013, de Aristóteles y los usos del dinero. Documento de Trabajo N° 179, Universidad de Belgrano: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevos/179_

Braatz, B., & Doorn, M. (30 de Octubre de 2008). Manejo del proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. *Manejo del proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero* . México, D.F., México: Razo Editores.

CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. CMNUCC.

CRE. (1999). Se distribuirá gas natural en el Norte del Bajío. *Boletín de prensa*, (pág. 3). México D.F.

Cuatecontzi, D. H., & Gasca, J. (Noviembre de 2004). Los gases regulados por la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F.: INE-SEMARNAT.

De Soete, G. (1989). *Updated Evaluation of Nitrous Oxide Emissions from Industrial Fossil Fuel Combustion. Reporte a la Comunicad Europea de Energía Atómica*. Institute Francais du Petrole.

Díaz, R. (2000). "Consumo de leña en el sector residencial de México". Evolución histórica y emisiones de CO₂. Tesis de Maestría en Ingeniería. UNAM. En Y. Rentería, *Análisis de programas sobre estufas eficientes de cocción con leña: Estudio de caso en dos comunidades de la Huasteca Potosina, Tesis para obtener el grado de maestría del Posgrado en Ciencias Ambientales*. San Luis Potosí, S.L.P.: Universidad Autonoma de San Luis Potosí.

Díaz, R., & Masera, O. (2003). Estudios energéticos, 1. Uso de leña en México: situación actual, retos y oportunidades. *Balance Nacional de Energía 2002*. D.F., México: Secretaría de Energía.

Díaz, R., & Masera, O. (2002). Uso de la leña en México: situación actual, retos y oportunidades. En SENER, *Balance nacional de energía 2002* (págs. 99-100). México, D.F.: SENER.

Dirección General de Servicios de Documentación Información y Análisis. (2012). *17ª Conferencia de las partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y 7ª Conferencia de las partes actuando como reunión de las partes del Protocolo de Kyoto, 28 de noviembre al 09 de diciembre del 2011*. México, D.F.: Dirección de Servicios de Investigación y Análisis.

EPA (Environmental Protection Agency). (2003). *User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2, Mobile Source Emission Factor Model*. EPA.

EPA. (28 de Diciembre de 2011). *Technology Transfer Network, Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors*. Recuperado el 26 de Junio de 2012, de U.S. Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

Gallegos, A. (Noviembre de 2004). Clima Oceánico: los mares mexicanos ante el cambio climático global. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F.: INE-SEMARNAT.

Garduño, R. (2004). ¿Que es el efecto invernadero?

GBP, IPCC. (1996). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Sector Energía*. IPCC.

González, J., Longoria, R., & Urquiza, G. (2008). Resultados de la simulación de gasificación del coque de petróleo mexicano de las refinerías de Ciudad Madero y Cadereyta. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 99-111.

INE. (16 de Enero de 2012). *Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático*. Recuperado el 03 de Junio de 2012, de Instituto Nacional de Ecología: <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/index.html>

INE. (2007). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.

INE. (2005). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2002*. México, D.F.: INE.

INECC-SEMARNAT. (2012). *México, Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

INEGI. (2000). *Perfil sociodemográfico San Luis Potosí XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. México, D.F.: INEGI.

INEGI. (2005). La Población Hablante de Lengua Indígena de San Luis Potosí. En Y. Rentería, *Análisis de programas sobre estufas eficientes de cocción con leña: Estudio de caso en dos comunidades de la Huasteca Potosina, Tesis para obtener el grado de Mestría del Posgrado en Ciencias Ambientales* (pág. 99). San Luis Potosí, S.L.P.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

INEGI. (17 de Octubre de 2005). *Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005*. Recuperado el 14 de Marzo de 2012, de INEGI:

<http://www2.inegi.org.mx/sistemas/mapatematicomexicocifras3d/default.aspx?e=24&mun=0&sec=M&ind=1003000015&ani=2010&src=0&i=>

INEGI. (12 de Junio de 2010). *Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, Censo de Población y Vivienda 2010*. . Recuperado el 14 de Marzo de 2012, de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mapatematico/default.aspx>

INEGI. (14 de Febrero de 2000). *Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. Recuperado el 14 de Marzo de 2012, de INEGI:

<http://www2.inegi.org.mx/sistemas/mapatematicomexicocifras3d/default.aspx?e=24&mun=0&sec=M&ind=1003000015&ani=2010&src=0&i=>

INE-SEMARNAT. (2009). *México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: Impreso y hecho en México.

INE-SEMARNAT. (2009). *México, Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: Solar, Servicios Digitales, S.A. de C.V.

IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007, Informe de síntesis*. IPCC.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Technical Summary. Cambridge: WMO-UNEP. Cambridge University Press.

IPCC. (2006). Combustión Estacionaria. En D. Gómez, & J. Watterson, *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (pág. 47). IPCC.

IPCC. (2012). *IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change*. Recuperado el 24 de Julio de 2012, de IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch/index.htm#UFOdjY310bA>

IPCC. (1996). *LA CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES EN LA PRÁCTICA, Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

IPCC. (1996). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Glosario*. IPCC.

IPCC. (01 de Octubre de 1993). Preliminary IPCC National GHG Inventories: In-Depth Review, Part III. *Intergovernmental Panel on Climate Control. Presentado en el Taller de Trabajo de la IPCC/ODCE sobre los Inventarios Nacionales de GHG: Transparencia en la Estimación y el Reporte* . Reino, Unido: The Hadley Centre, Bracknell.

IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación, Cambio climático 2001, La base científica*. IPCC.

Irastorza, V., & Fernández, X. (2010). Balance Nacional de Energía y su relación con el Inventario Nacional de Emisiones. *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía* , 52-72.

Jaramillo, V. (Noviembre de 2004). El ciclo global del carbono. *Cambio climático: una visión desde México* . México, D.F.: INE-SEMARNAT.

Kruger, D., & Rode, B. (2006). Capítulo 7: Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de invernadero* . IPCC.

LGEEPA. (2004). *REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE*

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA.
México, D.F.: Última Reforma Diario Oficial de la Federación 03 de Junio del 2004.

Magaña, V. (2004). El cambio climático global: comprender el problema. En J. Matínez, & A. Fernández, *Cambio Climático: una visión desde México* (pág. 17). México, D.F.: INE-SEMARNAT.

Masera, O., Díaz, R., & Berrueta, V. (2005). From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in México. Energy for Sustainable Development. En Y. Rentería, *Análisis de programas sobre estufas eficientes de cocción con leña: Estudio de caso en dos comunidades de la Huasteca Potosina* (págs. IX (1), 25-36). Tesis para obtener el grado de Maestría del Posgrado en Ciencias Ambientales : Universidad Autonoma de San Luis Potosí.

Nacobre 2010. (2010). *Nacobre*. Recuperado el 05 de Julio de 2012, de Nacobre: <http://www.nacobre.com.mx>

Penman, J., & Habetsion, S. (1996). Capítulo 6: La cuantificación de las incertidumbres en la práctica. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* . Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Poder Ejecutivo Federal. (2009). *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

Radian Internacional. (19 de Febrero de 1997). Volumen VI - Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehiculos Automotores. *Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México* . Sacramento, CA: Old Placerville Road.

Radian International. (1997). *MANUALES DEL PROGRAMA DE INVENTARIOS, VOLUMEN VI - DESARROLLO DE INVENTARIOS DE EMISIONES*. Sacramento, CA 95827: 10389 Old Placerville Road.

Ramírez, J. (2008). El papel del gas natural en la expansión de la industria eléctrica en México. *Economía informa* , 80-97.

Ramírez, R. (10 de Junio de 2013). Solicitud de información de la Termoeléctrica Villa de Reyes al Superintendente General. (G. Olivo, Entrevistador) San Luis Potosi, S.L.P., México.

Rentería, Y. (2011). *Análisis de programas sobre estufas eficientes de cocción con leña: Estudio de caso en dos comunidades de la Huasteca Potosina*. Tesis para obtener el grado de Maestría del Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales: Universidad Autonoma de San Luis Potosí.

Robles, G. (2002). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2002, Parte 1 ; Energía: fuentes fijas*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.

SAGARPA. (15 de Noviembre de 2010). *Programa de atención a problemas estructurales (Diesel Agropecuario, Marino y Gasolina Ribereña) Apoyos comensatorios*. Recuperado el 20 de Junio de 2012, de Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/Paginas/Apoyoscompensatorios.aspx>

Sarmiento, J. (07 de Mayo de 2012). Datos de Actividad de la Turbosina. (G. O. Menchaca, Entrevistador)

SEDEMA DF. (2006). *Estrategia local de acción climática del Distrito Federal*. Distrito Federal. México.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

SEMARNAT. (19 de Mayo de 2011). *SEMARNAT*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2011, de SEMARNAT: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Paginas/CMNUCC.aspx>

SEMARNAT-SENER. (30 de Enero de 2006). Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los Combustibles Fósiles

para la Protección Ambiental. México, D.F., México: Diario Oficial de la Federación.

SENER. (2000). *Balance Nacional de Energía*. México, D.F.: SENER.

SENER. (2003). *Balance Nacional de Energía 2002*. México, D.F.: Secretaría de Energía.

SENER. (2010). *Balance Nacional de Energía 2010*. México, D.F.: Secretaría de Energía.

SENER. (2012). *Balance Nacional de Energía 2011*. México, D.F.: Secretaría de Energía.

SENER. (2004). *Prospectiva de petrolíferos 2004 - 2013*. México, D.F.: SENER.

SENER. (2006). *Prospectiva de petrolíferos 2006-2015*. México, D.F.: Secretaría de Energía.

SENER. (2010). *Prospectiva de petrolíferos 2010-2025*. México, D.F.: SENER.

SENER. (2010). *Prospectiva del Mercado de Gas LP 2010-2025*. México, D.F.: SENER.

SENER. (2010). *Prospectiva del mercado de gas natural 2010-2025*. México, D.F.: SENER.

SIE. (s.f.). *Sistema de Información Energética*. Recuperado el 03 de Marzo de 2012, de Sistema de Información Energética: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

SIE. (Octubre de 2011). *Volumen de ventas internas de Petrolíferos por entidad federativa*. Recuperado el 21 de Octubre de 2011, de Sistema de Información Energetica: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

SIMAT. (2011). *Productos: Dirección de monitoreo Atmosférico de la Secretaría del Medio Ambiente*. Recuperado el 14 de 02 de 2013, de Dirección de monitoreo

Atmosférico de la Secretaría del Medio Ambiente:
<http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=2&opcioninfoproductos=15>

Simmons, T., & Tichy, M. (1996). *Capítulo 2: Energía*. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Solomon, S., Dahe, Q., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., y otros. (2007). *IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

Sus Hernández, M. C. (2006). *Análisis de procesos de implementación de Sistemas de Gestión Ambiental en empresas localizadas en el Estado de San Luis Potosí*. San Luis Potosí, S.L.P.: Tesis para optar al Título de Maestra en Ciencias Ambientales Programa Multidisciplinario de Postgrado en Ciencias Ambientales .

Tichy, M., & Bentley, S. (2006). Anexo3: Glosario. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* . IPCC.

UNEP. (2012). *GEO: Global Environment Outlook*. Recuperado el 23 de Julio de 2012, de UNEP United Nations Environment Programme: <http://www.unep.org/geo/GEO3/spanish/061.htm>

WMO. (1992). Research and Monitoring Project, Report No. 25,. *Scientific Assessment of Ozone Deletion: 1991*. Ginebra, Suiza: WMO/UNEP.