Inventario de emisiones, determinación de factores de emisión y datos de actividad para fuentes en el municipio de Puebla

Plan estratégico de reducción de emisiones a la atmósfera

GOBIERNO MUNICIPAL PUEBLA

Ciudad de Progreso

Honorable Congreso de la Unión
Cámara de Diputados, legislatura LXII

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNAT – Gobierno Federal.

Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial
SDRSOT- Gobierno del Estado de Puebla.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad
Honorable Ayuntamiento del municipio de Puebla.

Título original:

Inventario de emisiones, determinación de factores de emisión y datos de actividad para fuentes en el municipio de Puebla "Plan estratégico de reducción de emisiones a la atmósfera".

Impreso en Puebla, México.

Primera Edición 2015.
Todos los derechos reservados.

Mensaje del Gobierno del Estado de Puebla

Mario Alberto Rincón González
Secretario de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial.

El Estado de Puebla se compone por 217 municipios, su capital es el municipio de Puebla que forma parte de la cuarta zona metropolitana más grande del País. La presión urbana que se genera debido a las actividades domésticas, industrial, de servicios, comercios y transporte; demanda una gran cantidad de materias primas y combustibles que durante su proceso y uso, generan un impacto significativo al ambiente en especial a la calidad del aire. En este sentido, con la finalidad de establecer la adecuada aplicación de políticas de prevención y control, se elabora el "*Inventario de emisiones, determinación de factores de emisión y datos de actividad para fuentes en el municipio de Puebla*".

El desarrollo anterior, se constituye como el *Plan estratégico de reducción de emisiones a la atmósfera*, para lo que se caracterizaron los diversos giros que se ubican dentro del Municipio y se identificaron los potenciales emisores de contaminantes atmosféricos. Esto permite una clasificación actualizada y sobre todo georreferenciada de cada punto de emisión, con lo que se estiman las tasas y concentraciones de contaminantes, obteniendo su capacidad de dispersión e impacto.

Derivado de lo anterior, se desarrollaron sistemas de visualización en plataforma Web de los giros que pueden ser consultados de manera específica en sistema de información geográfica, así como herramientas para generar escenarios de dispersión para cada fuente. Asimismo, se construyó en Web la herramienta denominada Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Además, se desarrolló el inventario de emisiones a la atmósfera para fuentes fijas (industria), fuentes de área (servicios y comercios), fuentes móviles (vehículos automotores) y fuentes biogénicas (vegetación – erosión), que permiten conocer de manera cualitativa y cuantitativa los contaminantes emitidos a la atmósfera por cada una de ellas. Por otra parte, se muestra un estudio que describe el patrón de la actividad vehicular en el municipio de Puebla, como es la velocidad de circulación promedio y el aforo vehicular.

Mensaje del Honorable Ayuntamiento de Puebla

Gabriel Navarro Guerrero
Secretario de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad.

Las actividades productivas han permitido la generación de bienes para el desarrollo económico y social. Sin embargo, esto se ha logrado a costa del deterioro del capital natural, disminuyendo significativamente la capacidad de los ecosistemas para sustentar la vida, así como el bienestar social presente y futuro. Uno de los aspectos más visibles de los impactos generados lo observamos en la calidad del aire, que constituye uno de los temas ambientales que afectan con mayor impacto a la población. Es por ello que la Organización Mundial de la Salud considera a la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en materia de salud.

En este sentido, uno de los compromisos más importantes que el Alcalde Tony Gali estableció desde el principio de su mandato, es con el medio ambiente y sus recursos naturales, ya que la búsqueda por crear un futuro sostenible para la ciudad que permita elevar la calidad de vida de los poblanos, pasa indudablemente por procurar un ambiente sano para las personas. Los efectos que el cambio climático genera en la sociedad es un tema que ocupa a todos, por ello el Ayuntamiento de Puebla, con base en el Plan de Acción Climática del municipio de Puebla y el Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012-2020 del Estado de Puebla; se dio a la tarea de elaborar el inventario de emisiones a la atmósfera, con la finalidad de determinar una base de medición de los contaminantes que afectan la calidad del aire.

Es así como presentamos el primer “Inventario de emisiones, determinación de factores de emisión y datos de actividad para fuentes en el municipio de Puebla”, elaborado en colaboración con la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Existe consenso entre la comunidad científica y académica, señalando que las políticas gubernamentales de control de la calidad del aire pueden mejorar las condiciones ambientales y restringir los impactos negativos de la contaminación sobre la salud de las personas. Un primer paso, para poder diseñar políticas públicas eficaces y pertinentes para el territorio donde serán implementadas, es contar con información precisa que permita conocer el volumen y tipo de contaminantes producidos por cada fuente emisora.

La complejidad metodológica que demanda este tipo de estudios, implica una integración sistemática de la información; permitiendo la concurrencia y coordinación institucional entre los Gobiernos municipal, estatal y federal, cuyos esfuerzos se ven reflejados con la publicación de este documento, que es el resultado de la colaboración entre la Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad del municipio de Puebla, la Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (SDRSOT), del Gobierno del Estado de Puebla y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Prólogo BUAP

José Alfonso Esparza Ortíz
Rector de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

La preservación del ambiente y su equilibrio dependen de la oportuna y eficaz protección de los recursos naturales, destacando el cuidado y conservación de las condiciones de la calidad del aire, como un bien común al que todos tenemos derecho.

Sin embargo, la demanda acelerada de energéticos, ha provocado la presencia excesiva de contaminantes atmosféricos que están directamente vinculados al consumo de combustibles fósiles que utilizamos en nuestras actividades diarias.

La calidad del aire está en función de las emisiones generadas por distintas fuentes (vehículos automotores, servicios, comercios, hogares, industria y erosión eólica, entre otros), y su volumen de aportación es lo que afecta a los ecosistemas, incide en la salud de la población, y contribuye al problema del cambio climático global.

Derivado de lo anterior, es necesario establecer políticas de prevención y control a través de acciones que garanticen la irrestricta observancia en el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, bajo un esquema de trabajo coordinado entre gobierno, universidad y sociedad.

Por ello, los gobiernos federal, estatal y municipal, a través del presente estudio, construyen líneas de acción que permiten la viabilidad ambiental, sin descuidar el desarrollo económico y social que reclaman la adecuada y oportuna toma de decisiones para regular y controlar las fuentes de emisión de contaminantes y, de esta manera, disminuir el deterioro de la calidad del aire que respiramos los que habitamos en el municipio de Puebla.

En este sentido, el inventario de emisiones se establece como el instrumento rector que define las acciones que deben ser ejecutadas por el Honorable Ayuntamiento de Puebla, academia y sociedad; para lograr el mejoramiento de la calidad del aire bajo un esquema de sostenibilidad, que ofrezca al mismo tiempo, a los actores involucrados diversos nichos de oportunidad para su desarrollo y bienestar.

Con el desarrollo de este *Plan estratégico de reducción de emisiones a la atmósfera,* la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a través de su *Centro de Estudios en Energía y Ambiente,* contribuye al estudio y a propuestas de soluciones que dan respuesta a retos ambientales que enfrentamos los que habitamos esta ciudad.

Participantes:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	Gobierno del Estado de Puebla.	Honorable Ayuntamiento del municipio de Puebla.
Juan José Guerra Abud Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales	**Rafael Moreno Valle Rosas** Gobernador Constitucional del Estado de Puebla	**José Antonio Gali Fayad** Presidente Municipal
Rafael Pacchiano Alamán Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental	**Mario Alberto Rincón González** Secretario de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial	**Gabriel Navarro Guerrero** Secretario de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad

Colaboradores:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT

- **Mtra. Ana Patricia Martínez Bolívar**
  Directora General de Calidad del Aire y RETC
- **Mtro. David Alejandro Parra Romero**
  Director de Calidad del Aire
- **Ing. Hugo Landa Fonseca**
  Subdirector de Inventarios de Emisiones
- **Mtra. Gloria Yáñez Rodríguez**
  Subdirectora de Proaires
- **Ing. Roberto Martínez Verde**
  Dirección de Calidad del Aire

Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, SDRSOT

- **Ing. José Luis Cortes Penedo**
  Director de Calidad del Aire y CC
- **Ing. María de la Cruz Martínez Portugal**
  Jefa Depto. de Proyectos Sustentables
- **Ing. Francisco Javier Solano Huitzil**
  Depto. de Calidad del Aire
- **Ing. Hugo Hernández García**
  Depto. de Calidad del Aire
- **Ing. Christian Denisse Hernández Juárez**
  Depto. de Calidad del Aire
- **Lic. Elsa Lilia Sánchez Talledo**
  Depto. de Calidad del Aire
- **Biol. Luciano Valdés González**
  Depto. de Calidad del Aire

Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad

- **Mtra. Alejandra Acevedo Placeres**
  Directora de Medio Ambiente
- **Mtro. Ismael Couto Benítez**
  Coordinador de Vinculación y Participación ciudadana, Dirección de Medio Ambiente
- **Mtra. Karina Hernández Manzano**
  Procuración de fondos y política ambiental, Dirección de Medio Ambiente
- **Ing. Juan Pablo Ramírez Camarena**
  Jefe del Departamento de Normatividad
- **Mtra. Gabriela Díaz Méndez**
  Analista A, Dirección del Medio Ambiente

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

- **Mtro. José Alfonso Esparza Ortiz**
  Rector BUAP
- **Mtro. Oscar I. Gilbón Rosete**
  Tesorero General
- **Dr. Apolonio Juárez Núñez**
  Responsable CEEA de la FCFM
- **Mtra. Emma Juárez Núñez**
  Facultad de Ing. Química
- **Sandra Pioquinto García**
  Facultad de Ing. Química
- **L.C.C. Christian Brant Puon**
  Colaborador CEEA
- **Oliva Sánchez Acevedo**
  Facultad de Ing. Química
- **Mtro. Daniel Reyes Lastiri**
  Colaborador Ing. Química
- **Adriana de los Ángeles Granda Martínez**
  Facultad de Arquitectura
- **Dr. René Valdiviezo Sandoval**
  Secretario General
- **Dr. José Ramón Enrique Arrazola Ramírez**
  Director de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
- **Mtro. Marco Antonio Herrera García**
  Centro de Estudios en Energía y Ambiente
- **D.U.A. José Roberto Suriano Chacón**
  Facultad de Arquitectura
- **Ing. Raul Calixto Andriano**
  Facultad de Ing. Química
- **Ing. Luis Miguel Munguía Ojeda**
  Colaborador CEEA
- **Ing. Alejandro Iván Moreno Mejía**
  Facultad de Ing. Química
- **Ing. Diego Moranchel Martínez**
  Ing. Química, Instituto Tecnológico de Veracruz

Contenido:

Página

Capítulo 1. Generalidades del municipio de Puebla

1.1 Delimitación del área de estudio 2

1.2 Aspectos del medio físico natural 3

1.2.1 Localización y extensión 3
1.2.2 Orografía 3
1.2.3 Hidrografía 4
1.2.4 Clima 5
1.2.5 Áreas naturales protegidas y reservas ecológicas 6

1.3 Infraestructura urbana 8

1.3.1 Vías de comunicación 8
1.3.2 Usos de suelo 9
1.3.3 Subdivisión administrativa 10

1.4 Demografía 12

Capítulo 2. Balance energético municipal

2.1 Estructura..... 17

2.2 Matrices y diagramas 24

2.3 Análisis 27

2.4 Conclusiones 35

Capítulo 3. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), Licencia de Funcionamiento (LF) y aplicación de la Cédula de Operación Anual (COA)

3.1 Breve historia del desarrollo económico en el municipio de Puebla 37

3.2 El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) 37

3.3 Licencia de fuentes fijas e implementación de la COA 38

3.4 Desarrollo de la Cédula de Operación Anual en Puebla (en Línea) 40

3.5 Sistema de captura en fuentes fijas 43

3.6 Sistema de mapas e información 46

Capítulo 4. Actualización del padrón de fuentes contaminantes en el municipio de Puebla

4.1 Descripción general 52
4.2 Antecedentes 52
4.3 Alcance 53
4.4 Selección de giros 54
4.5 Métodos 56
4.6 Resultados 63

Capítulo 5. Inventario de emisiones

5.1 Antecedentes 67
5.2 Inventario de emisiones 70
5.3 Inventario de emisiones detallado por tipo de fuente 74
5.3.1 Fuentes fijas 74
5.3.2 Fuentes área 80
5.3.3 Fuente móviles 92
5.3.4 Fuente biogénicas 103

Capítulo 6. Aforo y velocidad promedio de circulación en el municipio de Puebla

6.1 Caracterización del parque vehicular..... 111
6.2 Aforo 118
6.3 Velocidad 165

Capítulo 7. Dispersión de emisiones a la atmósfera en el municipio de Puebla

7.1 Modelación..... 190
7.2 Mapas de distribución de emisiones 192

Capítulo 8. Determinación de factores de emisión

8.1 Panaderías 200
8.2 Tortillerías 202
8.3 Baños Públicos 203
8.4 Viviendas 204

Capítulo 9. Plan Estratégico del municipio de Puebla

9.1 Estrategias de control y regulación de emisiones 209

9.2 Medidas 210

9.3 Fuentes de financiamiento 227

Lista de tablas y figuras 233

Acrónimos 236

Bibliografía 237

Sitios web consultados 239

1

Generalidades del municipio de Puebla

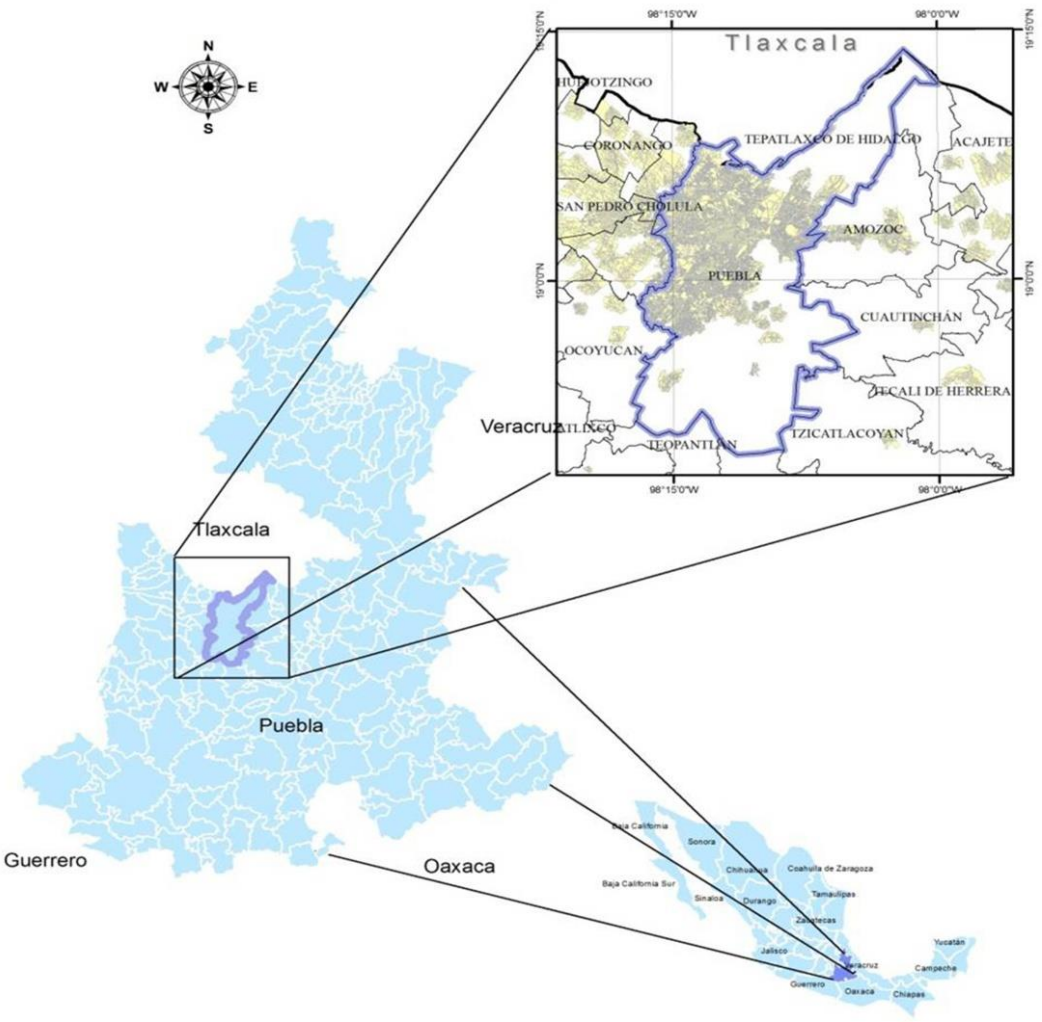
1. Generalidades del municipio de Puebla

El municipio de Puebla es la capital del Estado y es uno de los 217 municipios que lo conforman. Se integra por 17 juntas auxiliares y representa el 1.7% de la superficie del territorio del Estado de Puebla.

1.1 Delimitación del área de estudio

El presente estudio se elaboró para el municipio de Puebla, que colinda al este con los municipios de Cuautlancingo, Ocoyucan, San Andrés y San Pedro Cholula; al norte con el Estado de Tlaxcala; al sur con los municipios de Teopantlán y Santiago Miahuatlán; y al oeste con Tepatlaxco de Hidalgo, Amozoc, Cuautinchán y Teteles de Ávila Camacho (figura 1.1).

Figura 1.1 *Localización y límite del municipio de Puebla.*



Fuente: *Elaboración propia, con datos de la carta urbana Shape, INEGI – Puebla, 2010.*

1.2 Aspectos del medio físico natural

1.2.1 Localización y extensión

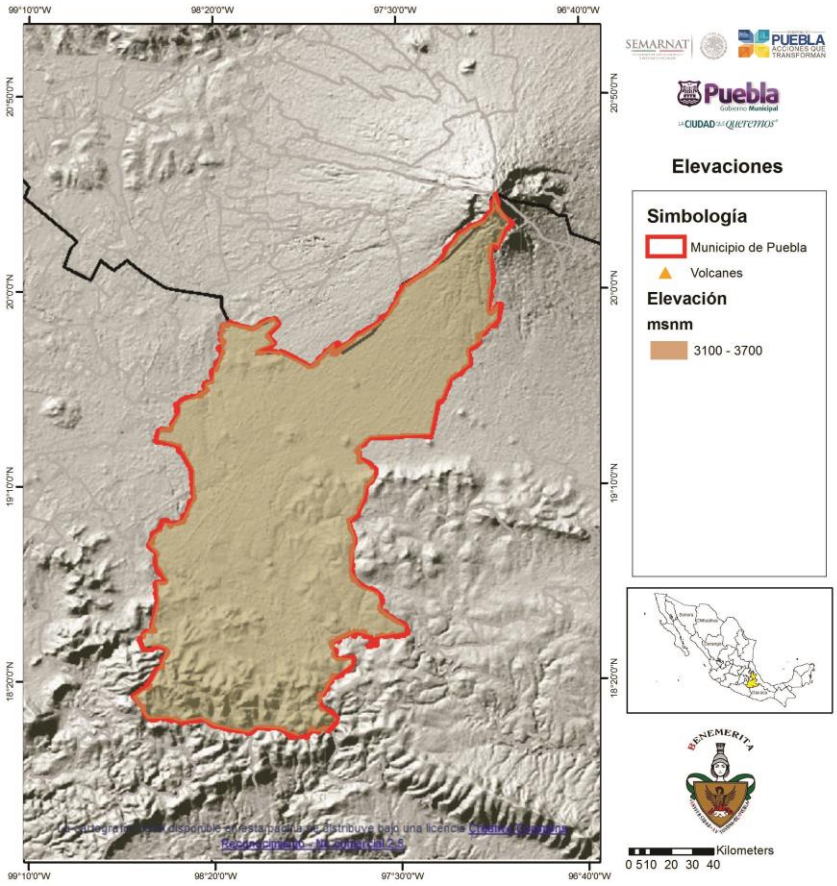
El municipio de Puebla se encuentra localizado en el valle de Puebla-Tlaxcala. Sus coordenadas extremas son 18° 50' - 19° 14' de latitud norte y 98° 01' - 98° 18' de longitud oeste y su extensión territorial es de 524.31 kilómetros cuadrados, lo que lo convierte en el quinto municipio más extenso del Estado de Puebla. BU

1.2.2 Orografía

El territorio municipal de Puebla es muy variado en su relieve y se encuentra dominado por elevaciones importantes como el volcán *La Malinche*, que alcanza los 4,420 metros sobre el nivel del mar. Es importante mencionar que en las faldas del volcán *La Malinche* se encuentran localizadas varias poblaciones, siendo la principal San Miguel Canoa. Al este del territorio y en los límites con Amozoc, se encuentran las pequeñas elevaciones que dan inicio a la Sierra de Amozoc.

Las elevaciones en importancia después de La Malinche, son las de la Sierra del Tentzo, que forma el límite sur del municipio. En esta serranía la mayor elevación la constituye el Cerro Nanahuachi. Al pie de la Sierra del Tentzo se encuentra la cuenca del Valsequillo, la zona más baja de todo el territorio a través de la cual corre el río Atoyac (figura 1.2).

Figura 1.2 *Orografía del municipio de Puebla.*



Fuente: *Carta topográfica shape con relieve, Conabio, 2013.*

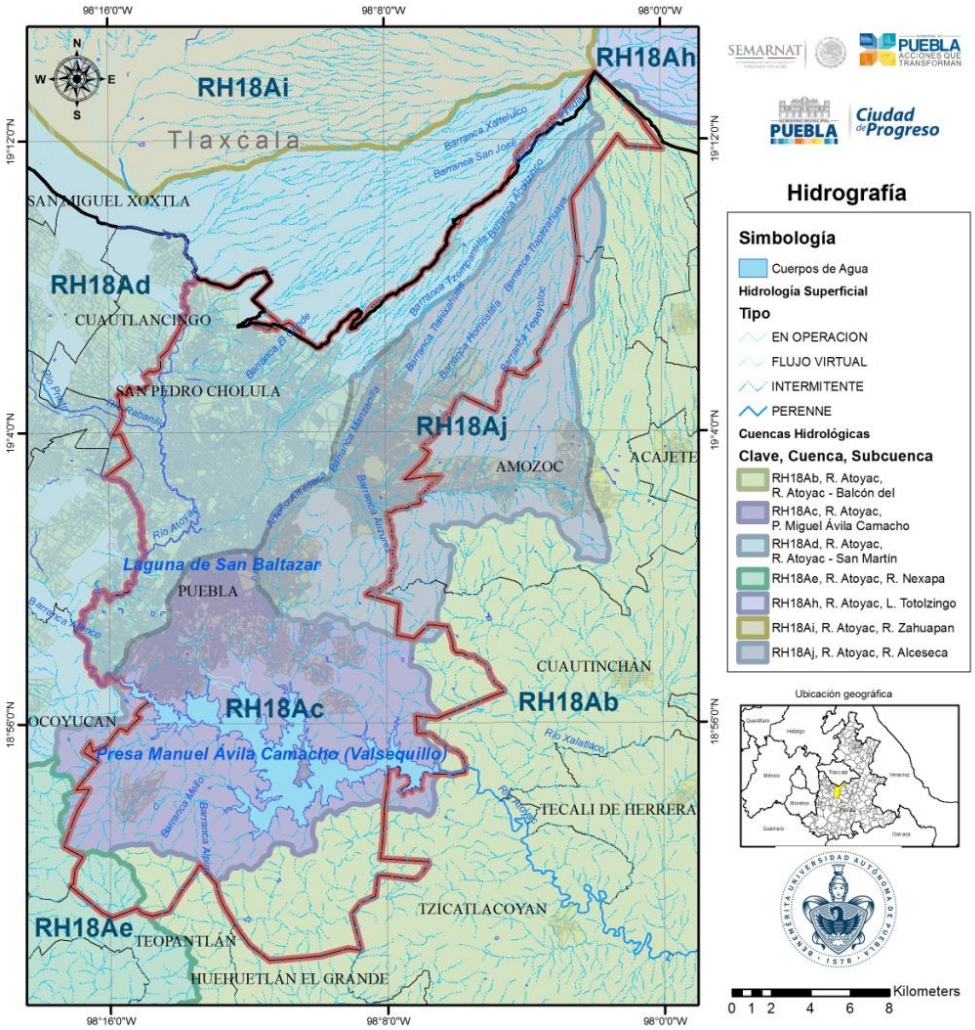
1.2.3 Hidrografía

En materia de hidrografía, el municipio de Puebla es parte de la cuenca del río Atoyac, que recorre el poniente del municipio de norte a sur, y sirve en algunos tramos como límite con los municipios de Ocoyucan, San Andrés Cholula y Cuautlancingo; cambiando de curso hacia Valsequillo donde se forma la presa Manuel Ávila Camacho con una capacidad de 405 millones de metros cúbicos[1].

De la Malinche descienden corrientes que alimentan los mantos acuíferos del Valle de Puebla, de este se derivan dos cauces; el Río Atoyac y el Río Alseseca, que vierten sus aguas en el vaso de la presa de Valsequillo. La totalidad del municipio de Puebla pertenece a la Región hidrológica IV denominada "Balsas" y se ubica en la parte media de la cuenca del río Atoyac (figura 1.3).

Por otra parte, el municipio de Puebla se abastece principalmente de fuentes subterráneas de agua, de las cuales se extrae este vital líquido, para cubrir la demanda de aproximadamente 441 mil hogares[2].

Figura 1.3 *Mapa hidrológico del municipio de Puebla.*



Fuente: *Carta hidrológica shape, INEGI – Puebla, 2010.*

[1] *INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, SEGOB Secretaría de Gobernación, 2010*
[2] *Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado, Anuario estadístico, 2012.*

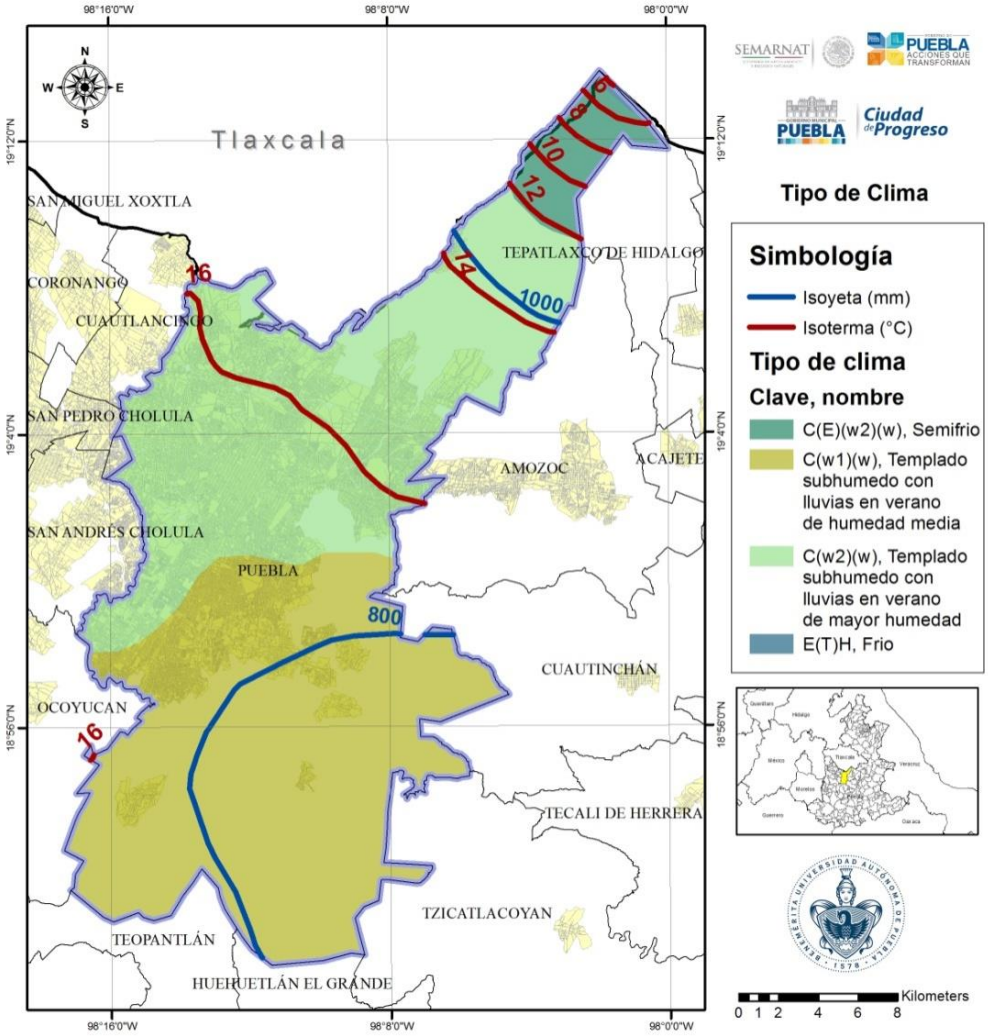
1.2.4 Clima

En el municipio de Puebla se presentan los siguientes climas por su ubicación en el eje neo volcánico: Templado – seco, en marzo – abril; templado subhúmedo con lluvias en verano y clima semifrío en invierno; así como clima frío la mayor parte del año en la cumbre de la Malinche.[3]

La temperatura media anual registrada es de 16°C, descendiendo ésta a medida que el terreno asciende hacia La Malinche, y aumentando hacia sur. Por otra parte, los rangos más significativos del clima en el municipio de Puebla se pueden dividir en las siguientes isotermas según las distintas regiones del municipio: 16°C a 14°C, 14°C a 12°C, 12 °C a 10°C, 10°C a 8°C y 8°C a 6°C (figura 1.4)[4].

En materia de precipitación, en el noreste del municipio se presenta pluviosidad superior a los 1,000 mm al año. Por lo que corresponde al sector intermedio del Valle de Puebla, ésta oscila entre 800 y 1,000 mm; mientras que en el sureste es inferior a los 800 mm.

Figura 1.4 *Clima del municipio de Puebla.*



Fuente: *Mapa carta de climas, INEGI – Puebla, 2010.*

[3] *INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, SEGOB Secretaría de Gobernación, 2010.*
[4] *Delegación CONAGUA - Puebla, informe anual 2012.*

1.2.5 Áreas naturales protegidas y reservas ecológicas

El municipio de Puebla comparte dos importantes áreas naturales protegidas, la primera al extremo noreste, donde se localiza el Parque Nacional "La Malinche", con un total 45,711 hectáreas que comparte con el Estado de Tlaxcala y con los municipios de Acajete, Amozoc y Tepetlaxco de Hidalgo. El uso del suelo del parque nacional es: agrícola 30%, pecuario 21%, forestal 42% y otros usos 7%. Por otra parte, presenta el 77 % de su vegetación deteriorada, 19 % de bosques y 4 % de áreas perturbadas;[5] su fauna presenta lagartija flaca (endémica), lagartija de árbol, camaleón, sapo y víbora de cascabel.

Otra área natural protegida importante es "la Sierra del Tentzo" que comprende una amplia región con ecosistemas representativos de bosques de encino, selva baja caducifolia y matorral xerófilo, que albergan especies de vertebrados de las zonas tropicales y templadas. Por su ubicación, la Sierra del Tentzo conforma un corredor biológico que permite la conectividad entre grandes zonas de protección como son el Parque Nacional Izta-Popo, El Volcán Malintzin y la reserva ecológica del "Parque Estatal Flor del Bosque", así como de la Presa de Valsequillo.

En la zona urbana de la ciudad de Puebla, al nororiente de la misma, se encuentra el "Cerro de Amalucan", decretado en 1994 por el gobierno estatal como área protegida, con una superficie de 133.5 hectáreas y un perímetro de 5.8 kilómetros.

Parques urbanos:

Parque Bicentenario 18 de Noviembre

Una reserva ecológica importante es el "Parque Bicentenario 18 de Noviembre" ubicado a orillas de la Presa Valsequillo. Este parque está destinado a la recuperación de espacios con vocación forestal que con el paso del tiempo busca convertirse en un importante pulmón para el Valle de Puebla. Ubicada en la Junta Auxiliar de San Francisco Totimehuacan al sur de la ciudad, este parque cuenta con 64 hectáreas que en su mayoría está compuesto por una selva baja que alberga un gran número de aves endémicas y migratorias.

Parque Centenario Chapulco

Está ubicado entre la calle 12 Sur y la unidad habitacional San Jorge al sur de la ciudad, con una extensión de 18 hectáreas de áreas verdes y con un espejo de agua. Es un espacio con más de 2 mil 300 árboles y brinda alojamiento para aves, espacios de reproducción de anfibios, áreas recreativas, culturales y deportivas.

Parque Laguna de San Baltazar

Está ubicado en la colonia Bugambilias, este parque cuenta con una extensión de 10 hectáreas, dispone de una biodiversidad de flora y fauna local, cuenta con una pista para correr y áreas verdes, y por su ubicación se convierte en un importante pulmón para la mancha urbana.

[5] SEMARNAT, INEGI, 2010. Estadísticas del ambiente, México, Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, INEGI, México.

Parque Ecológico Revolución Mexicana

Este parque cuenta con una extensión de 58 hectáreas, y en él se llevan a cabo diferentes actividades de recreación que fomentan la conservación ambiental. Es un área importante dentro de la zona urbana con más de 3 mil árboles.

Parque Lineal

Este parque se comparte con el municipio de San Andrés Cholula y está formado por el Jardín del Arte, Paseo del Río Atoyac y el Eco Parque Metropolitano. Su superficie total es aproximadamente de 20 hectáreas. El recorrido es de 4.5 kilómetros, cuenta con pistas de trote y ciclovías con una longitud de 1.5 kilómetros.

Paseo Bravo y Jardín del Ferrocarril

La superficie total del Paseo Bravo es de 3.74 hectáreas de las cuales 60 por ciento corresponde a áreas verdes. Se encuentra ubicado prácticamente en el centro de la ciudad. Por otra parte, el Jardín del Ferrocarril se ubica a no más de 300 metros; entre ambos hospedan cerca de mil 500 árboles, brindando un pequeño pulmón de aire a la ciudad.

Parque Juárez

Otra importante superficie vegetal es el Parque Juárez, con 5.46 hectáreas, que se localiza en la parte centro-sur de la Ciudad, es una zona de recreación, además de contar con una significativa área forestal. Este parque aloja a una variedad de aves urbanas, así como un área de captación e infiltración de agua de lluvia. Cuenta con un sistema de alumbrado de luminarias a través de paneles solares.

Reserva de Los Fuertes de Loreto y Guadalupe

Se encuentra ubicado en la parte centro–nororiente del centro de la ciudad de Puebla siendo un espacio turístico y de reserva natural. Actualmente aloja una importante masa forestal de eucaliptos. Estos presentan una antigüedad promedio de más de 50 años. No obstante, por el área que cubre y la altitud en que se encuentra, representa un importante micro – sistema ecológico.

Figura 1.5 *Parques urbanos en el municipio de Puebla.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

1.3 Infraestructura Urbana

1.3.1 Vías de comunicación

La ubicación estratégica del municipio de Puebla, así como su cercanía con la capital del país, ha hecho de éste un importante polo de desarrollo económico e industrial. La capital estatal tiene comunicación estratégica por su infraestructura carretera.

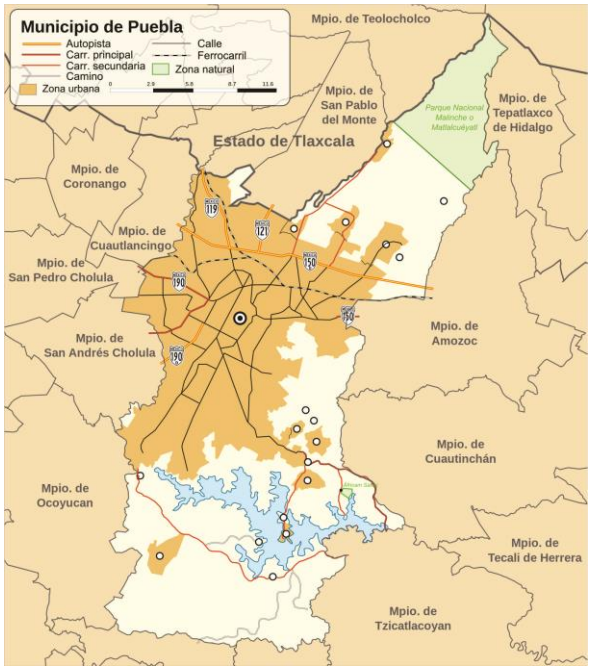
Tabla 1.1 *Autopistas y carreteras que convergen en el municipio de Puebla.*

Principales carreteras
Puebla - Santa Ana Chiautempan, Tlax.
México - Puebla
Puebla - Veracruz
Puebla - Tlaxcala
Puebla - Atlixco
Puebla - Cholula
Puebla - Tecalli
Atlixcáyotl

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2010.

Las carreteras al interior del municipio de Puebla son las siguientes: Al norte se encuentra la carretera que va a la localidad de San Miguel Canoa, con una extensión de 10 kilómetros; al sureste se localiza la carretera estatal para comunicar con la cabecera municipal y las localidades de San Pedro Zacachimalpa, San Baltazar Tetela y la Presa de Valsequillo; al sur de ésta se encuentra otra carretera de orden estatal que comunica a las poblaciones de San Andrés Azumiatla y Santa María Guadalupe Tecola (figura 1.6).

Figura 1.6 *Vías de Comunicación municipio de Puebla.*

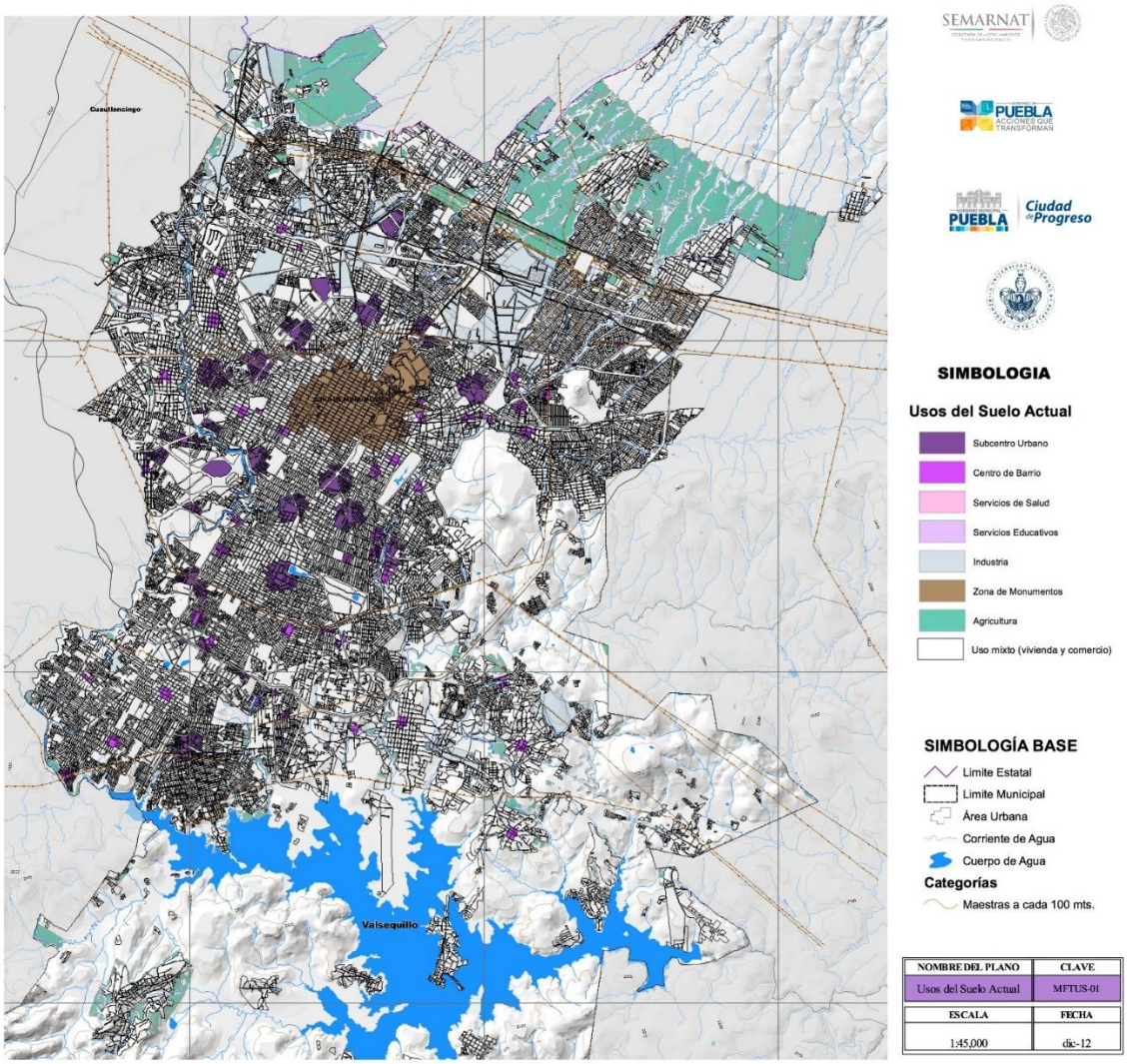


Fuente: *Longitud de la infraestructura carreteras federales – Puebla, Secretaría de Comunicación y Transportes federal.*

1.3.2 Usos de suelo

De acuerdo con el Programa municipal de desarrollo sustentable de Puebla 2008, un 45% del territorio municipal es zona urbana, un 26% se destina a la agricultura, el 16% de pastizal y un 13% de bosque (figura 1.7).

Figura 1.7 *Mapa de uso de suelo para el municipio de Puebla.*



Fuente: *H. Ayuntamiento de Puebla, diciembre 2012.*

En materia ambiental, los bosques que se encuentran ubicados en las faldas de La Malinche, tienen especies forestales como son pino y encino, además de oyamel en la zona más elevada. Por otra parte, existen otras especies menos numerosas como pino harweggi, ocote blanco, palo amarillo, axóchitl, lupinus, escobilla, guapinol y pino chino. [6]

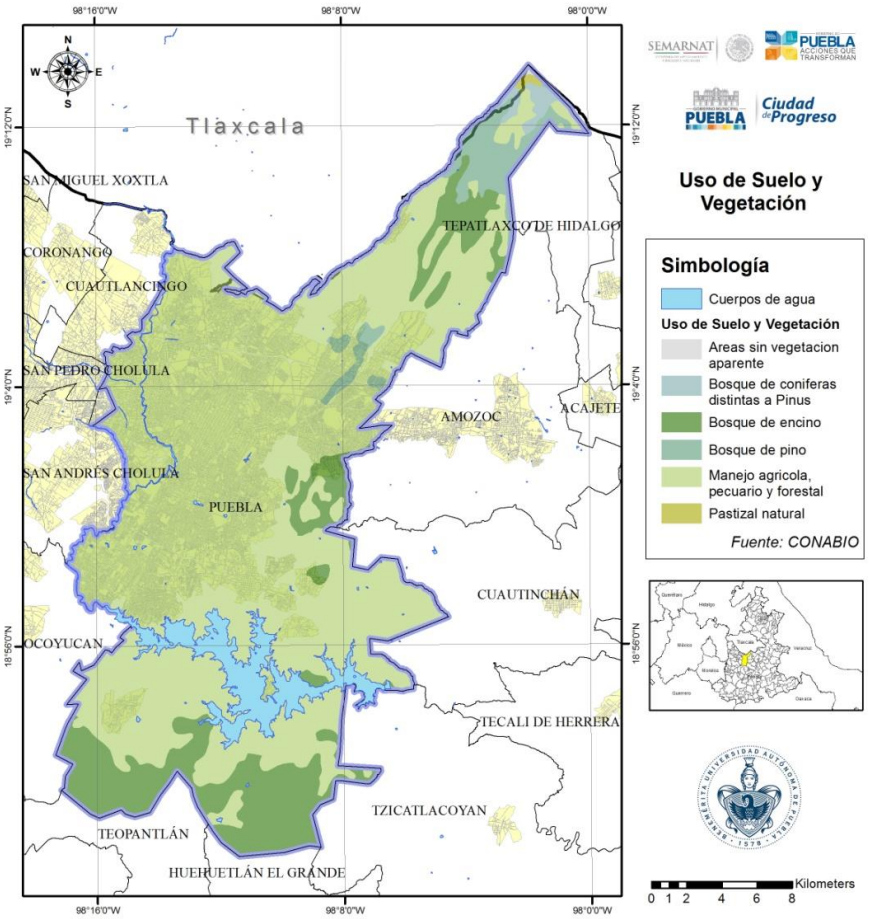
En la Sierra de Amozoc también se encuentran zonas de encino, al igual que en la Sierra del Tentzo, donde además se localizan especies más bajas como táscate, jarilla y sabino. Al pie de la Sierra del Tentzo se ubica la principal zona de pastizales del municipio en los alrededores de la

[6] *Programa municipal de desarrollo urbano sustentable de Puebla, 2008.*

Presa del Valsequillo (figura 1.8). El municipio presenta gran diversidad edafológica; identificándose suelos pertenecientes a grupos que a continuación se describen[7]:

- *Litosol:* Al sureste del municipio, cubriendo la sierra del Tentzo y la sierra de Amozoc.
- *Regosol:* Cubre las estribaciones de la Malinche y zonas dispersas de la sierra del Tentzo.
- *Cambisol:* Ocupa grandes extensiones al norte de la ciudad, y al sureste del municipio.
- *Feozem:* se localiza al poniente de la presa de Valsequillo y de la ciudad de Puebla.
- *Vertisol:* Entre la ciudad de Puebla y la Presa de Valsequillo, en la Rivera del Atoyac.
- *Rendzina:* Se localiza en el sur del municipio cubriendo la mayor parte de la sierra del Tentzo y zonas aisladas al noroeste y suroeste de la ciudad de Puebla.

Figura 1.8 *Mapa de vegetación municipio de Puebla.*



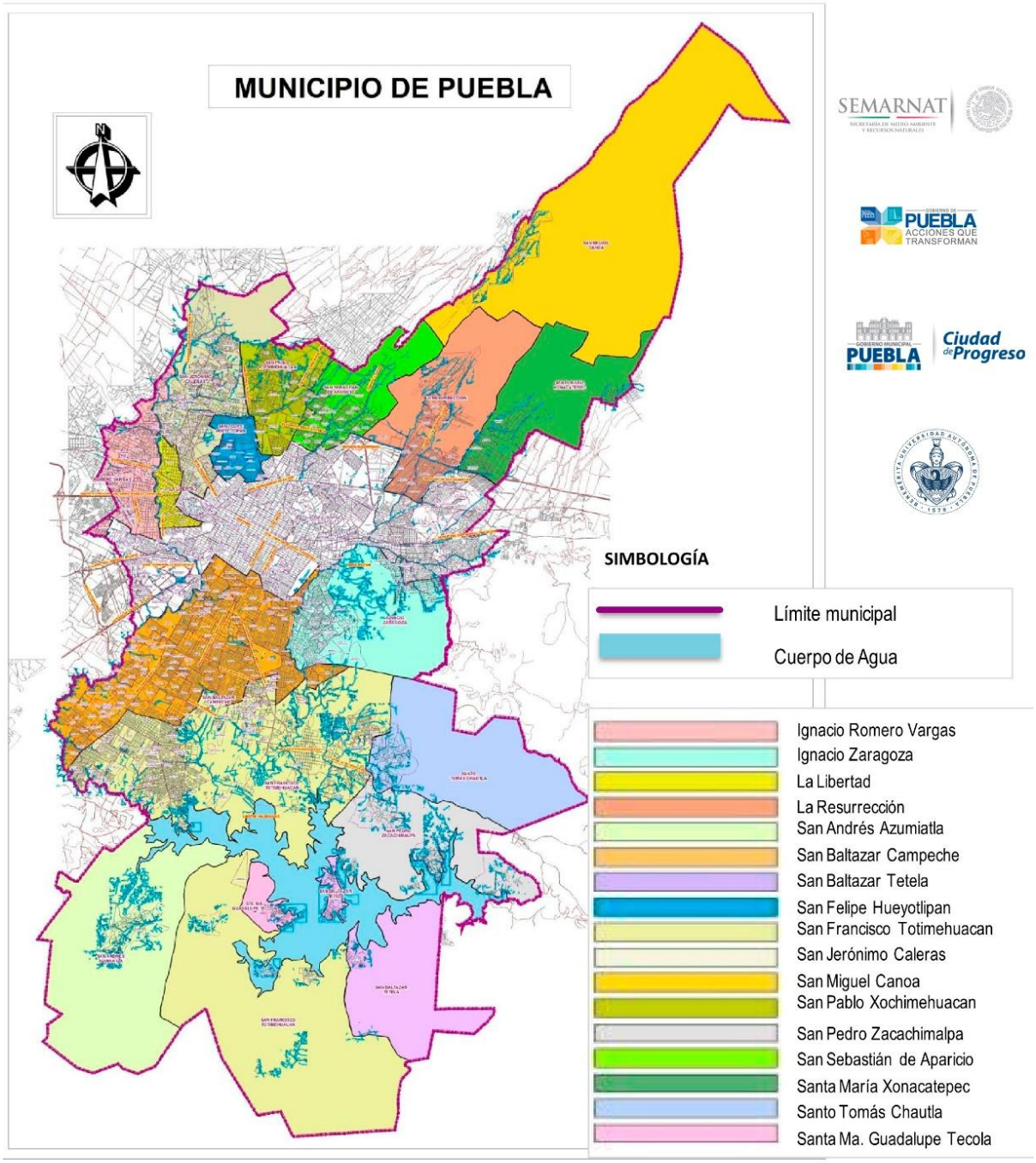
Fuente: *GIS_CONABIO, datos shape de uso de suelo y vegetación de INEGI – Puebla, 2010.*

1.3.3 Subdivisión administrativa

El municipio posee una extensión territorial de 524.31 kilómetros cuadrados según lo indicado por el INEGI (*Panorama Sociodemográfico de México - 2011*), que lo ubica en el lugar número cinco con respecto a los demás municipios del Estado. Este se divide en su administración interior, además de la cabecera municipal, en 17 juntas auxiliares. La mayoría forman parte de la mancha urbana metropolitana (figura 1.9).

[7] *INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, SEGOB Secretaría de Gobernación, 2010.*

Figura 1.9 *Integración del municipio de Puebla por sus 17 juntas auxiliares.*



Fuente*: H. Ayuntamiento de Puebla, 2010.*

La población de municipio de Puebla se compone por 1, 434, 062 habitantes asentados en las áreas urbanas que corresponden al 93.13%; el resto (105, 757 habitantes), que corresponde al 6.87 %, tiene características de población rural o mixta, presentando usos y costumbres como es la quema de leña.

1.4 Demografía

El número de habitantes en el municipio de Puebla es el siguiente:

1,539,819 habitantes en el año 2010.
(93.13% es población urbana, el 3.85% es población Mixta y el 3.02 % es población rural).

Con base en los indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial, los datos corresponden a los mostrados en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 *Población en el municipio de Puebla.*

Población total 2010	1,539,819
Población rural	46,463
Población mixta	59,294
Población urbana	1,434,062

Fuente*: Censo de población y vivienda, INEGI 2010.*

El municipio de Puebla integra al 26.64% de la población estatal, además, forma parte de la cuarta zona metropolitana más grande del país. Para el municipio de Puebla la tasa de crecimiento se ubica en 1.35 % para el periodo 2000 – 2010. Esta ha disminuido con respecto a la del periodo 1990 – 2000 que fue de 2.45 % (tabla 1.3).

Tabla 1.3 *Población en el municipio de Puebla.*

Localidad	Población 1990	Población 2000	Población 2010
Puebla	1,057,454	1,346,916	1,539,819

Fuente*: Censo de población y vivienda, INEGI 2010.*

2

Balance energético municipal

2. Balance energético municipal

El balance energético detalla los procesos por los que transitan las fuentes de energía, desde su producción hasta su consumo final.

La figura 2.1 lista las fuentes de energía clasificadas en primaria y secundaria. La energía primaria es extraída directamente de la naturaleza, ésta puede ser utilizada directamente o ser transformada mediante procesos, y ser convertida en energía secundaria fácilmente utilizable.

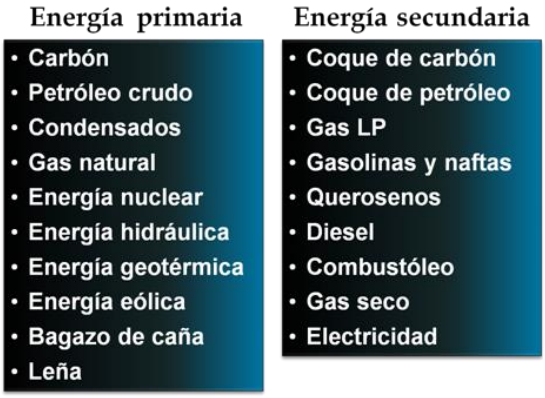
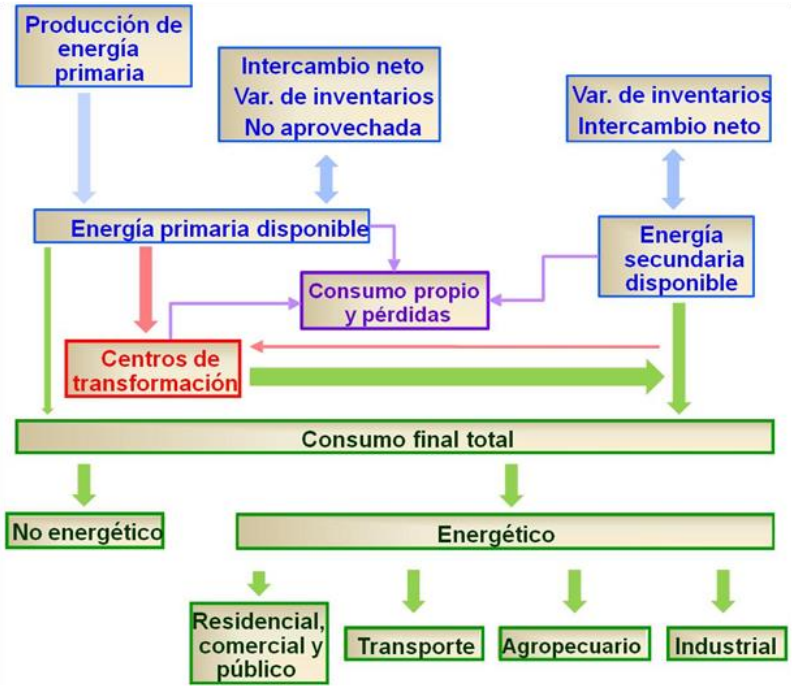


Figura 2.1 *Fuentes de energía.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA- BUAP.*

Los procesos energéticos se muestran en la figura 2.2, clasificados en cuatro categorías generales: energía disponible (en azul), consumo y pérdidas en el sector energético (en morado), transformación de energía (en rojo) y consumo final total (en verde).

Figura 2.2 *Procesos energéticos.*

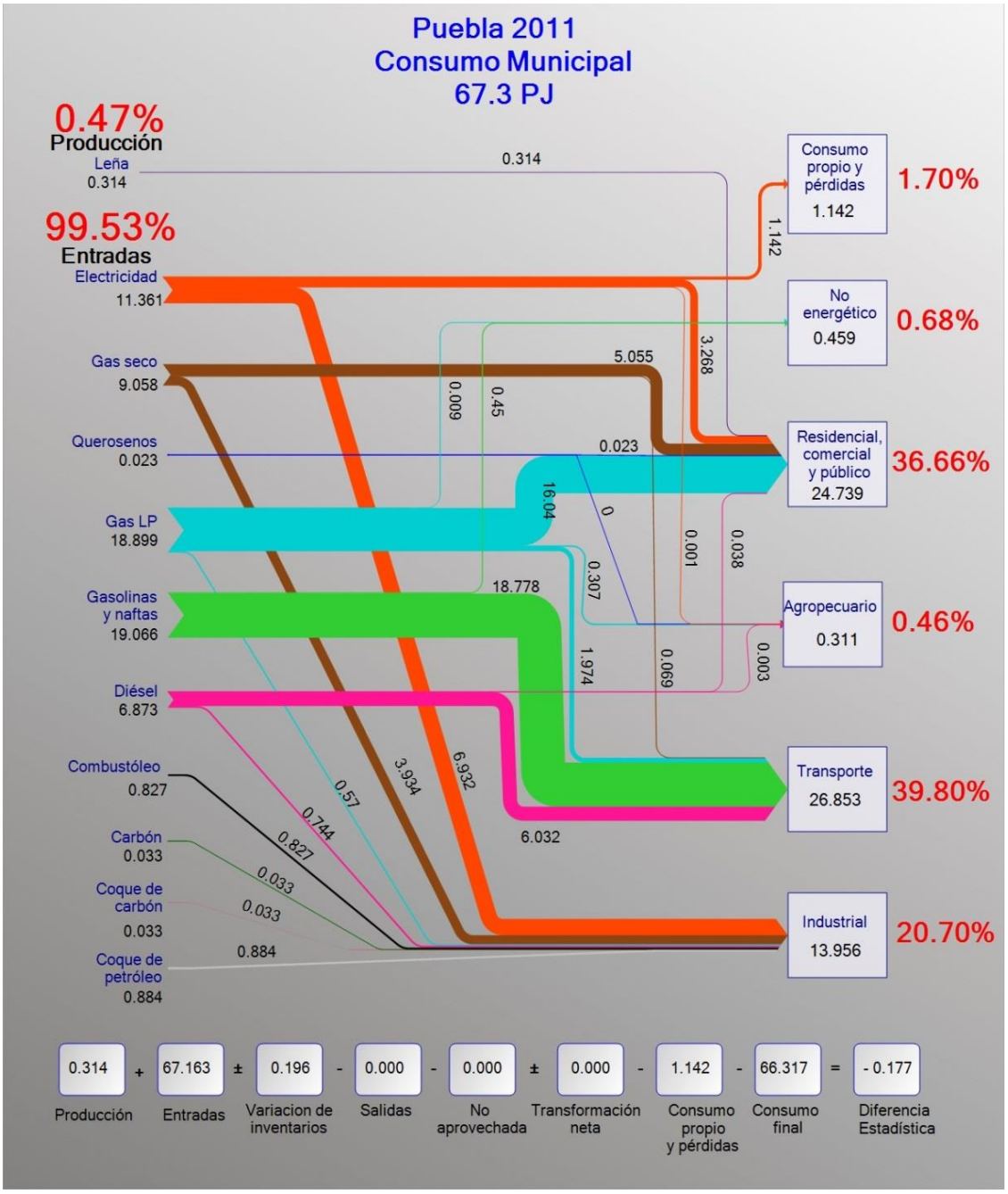


Fuente: *Elaboración propia CEEA- BUAP.*

El diagrama de Sankey de la figura 2.3 ilustra cualitativa y cuantitativamente los flujos de energía por fuente y sector de consumo efectuados durante el año 2011. En ese año, el consumo municipal de energía alcanzó 67.28 PJ, correspondiendo al 0.91% del total nacional (7,368 PJ)[8]. El municipio de Puebla generó el 0.64% de dicho consumo municipal, cabe resaltar que este fue a partir de la producción de leña. El municipio de Puebla consume el 28.15% del consumo energético total estatal.

[8] *El consumo municipal incluye transformación, el consumo propio del sector energético, y consumo final total.*

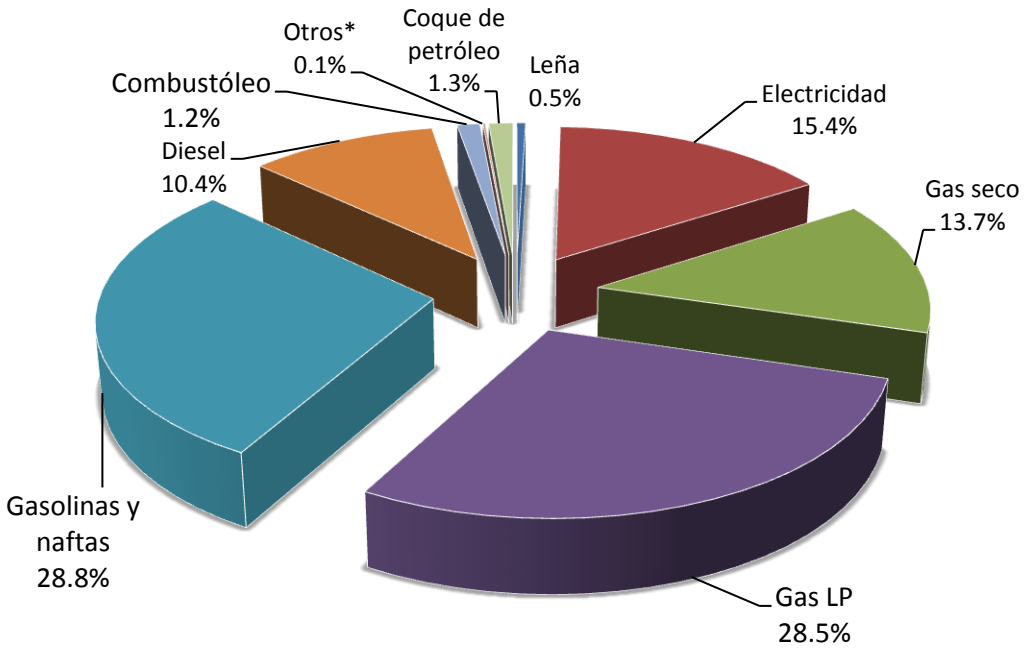
Figura 2.3 *Balance energético municipal 2011 (petajoules).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

En cuanto al consumo final total de energía, las gasolinas y naftas destinadas en su totalidad al sector transporte, representaron la mayor contribución al consumo energético (figura 2.4).

Figura 2.4 *Estructura porcentual del consumo final total en el municipio de Puebla.*

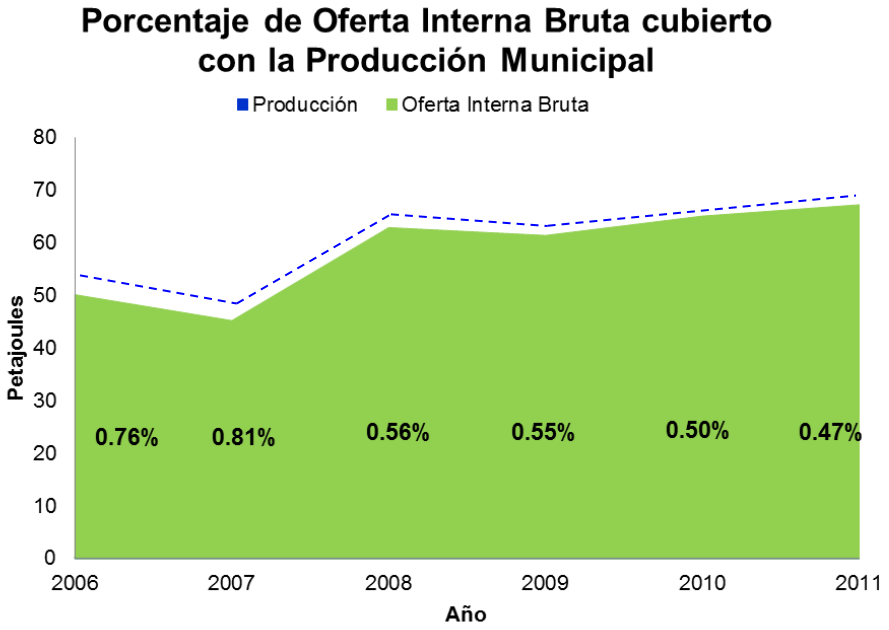


*__Otros:__ Incluye Coque de Carbón, Carbón y Querosenos.

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

A lo largo del periodo de estudio, el municipio de Puebla dependió energéticamente de otros municipios y entidades federativas. La producción municipal contribuyó en promedio con la energía disponible en 0.84 % (figura 2.5).

Figura 2.5 *Porcentaje de autosuficiencia energética en el municipio de Puebla.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Este documento contiene los conceptos, la estructura, el método y los resultados finales del estudio elaborado para el municipio de Puebla: "El balance energético municipal 2006 - 2011". El balance de energía cubre el periodo 2006 - 2011, brindando así una perspectiva de análisis en cuanto a evolución y tendencias de los consumos y suministros de energía.

En la sección 2.1 se describe la estructura empleada en el estudio, definiendo las fuentes de energía y los procesos que éstas atraviesan.

En la sección 2.2 se presentan los resultados del estudio en arreglos matriciales y en diagramas de Sankey.

En la sección 2.3 se analizan los resultados obtenidos, enfatizando el nivel de dependencia energética y la sostenibilidad del modelo energético. Finalmente se presentan las conclusiones del estudio.

Factores de conversión

En el presente estudio se emplean las siguientes equivalencias y prefijos.

Unidades másicas	Unidades volumétricas	Unidades energéticas
1 ton métrica=1,000 kg	1 barril= 158.9873 litros	1MWh= 3,600 MJ
Prefijos métricos		
Exa (E)= 10^18	Tera (T)=10^12	Mega (M)= 10^6
Peta (P)=10 ^15	Giga (G)=10^9	Kilo (k)=10^3

Balance Energético Municipal 2006 – 2011

"*El Balance Energético Municipal"* muestra la estadística anual correspondiente a los procesos que determinan la cantidad de energía disponible y los sectores de consumo de la misma. Este estudio se adapta a la estructura empleada en "El Balance Nacional de Energía" publicado por SENER, con la finalidad de permitir la comparación con el contexto energético nacional. No obstante, algunas partes de dicha estructura han sido modificadas para permitir mayor detalle en la presentación de la información, y con ello, aportar más elementos para la toma de decisiones propias de un contexto local.

2.1 Estructura

Se analizan 10 fuentes de energía primaria y 9 de energía secundaria.

Energía primaria: carbón mineral, petróleo crudo, condensados, gas natural, energía nuclear, hidroenergía, geoenergía, energía eólica, bagazo de caña y leña.

Energía secundaria: coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo, gas seco y electricidad.

Estas fuentes de energía son cuantificadas para un total de 13 procesos. Para su análisis, estos procesos se clasifican en 4 categorías, como se lista a continuación: con signo positivo (+) se indica si aumenta la cantidad de energía disponible, y con signo negativo (-) si la cantidad de energía disponible disminuye:

1. *Energía disponible*: producción (+), entradas (+), variación de inventarios (±), salidas (-), energía no aprovechada (-).
2. *Total de transformación (±):* coquizadoras, refinerías y despuntadoras, plantas de gas y fraccionadoras, centrales eléctricas.
3. *Consumo del sector energético (-): consumo propio* y *pérdidas.*
4. *Consumo final total (-): consumo final no energético* y *consumo final energético clasificado por sector.*

Estos procesos se ajustan a la siguiente ecuación:

$$\{\text{Energía disponible}\} = \{\text{Transformación}\} + \{\text{Consumo del sector energ.}\} + \{\text{Consumo final total}\}$$

Unidad de Energía

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización, establece al sistema general de unidades de medida como el único instrumento legal de uso obligatorio en México, donde se determina que la energía debe ser medida en ***Joule (J)***. Al unificar los datos estadísticos en esta unidad, se hace posible comparar los procesos de diferentes fuentes de energía y analizar posibles sustitutos.

Poder Calorífico Bruto (PCB) y Poder Calorífico Neto (PCN)

El PCB es definido como la cantidad total de calor que se libera en un proceso de combustión. El PCN excluye del PCB la cantidad de calor no recuperable; equivale al calor del proceso de combustión que se aprovecha. Con base en "El Balance Nacional de Energía 2011", para el carbón mineral y los combustibles líquidos, se considera que el PCN es 5% menor que el PCB. Para el gas natural y sus diversas modalidades la diferencia entre PCB y PCN es de 10%.

El Balance Energético Municipal utiliza los PCN reportados en "El Balance Nacional de Energía 2011" para convertir cantidades de masa o volumen de combustible en cantidades de energía.

Fuentes de energía:

Energía primaria

Las fuentes de energía primaria son aquellas que se obtienen directamente de la naturaleza o después de un proceso de extracción. Se listan a continuación.

Carbón mineral

Combustible fósil sólido formado principalmente en el periodo carbonífero por la descomposición de plantas sumergidas en el agua. Al descomponerse, las moléculas orgánicas pierden hidrógeno y oxígeno, quedando un depósito con elevado porcentaje de carbono. El municipio de Puebla no cuenta con producción de este combustible, sin embargo se calcula el consumo en la rama cementera del sector industrial.

Las coquizadoras emplean carbón siderúrgico, con bajo contenido en cenizas, para su transformación en coque o carbón metalúrgico. Las centrales eléctricas, por otra parte, utilizan carbón de alta temperatura como combustible para la generación. En este caso, el municipio de Puebla no cuenta con centrales que consuman dicho combustible.

Petróleo crudo

Mezcla líquida aceitosa de color oscuro, compuesta por hidrocarburos y derivados de éstos. El petróleo crudo es procesado en refinerías para obtener combustibles y materias primas con propiedades y usos específicos. En el municipio de Puebla no se presenta producción ni transformación de esta fuente de energía.

Condensados

Compuestos líquidos que se recuperan en los campos productores de gas asociado. Se incluyen en la cuantificación los productos que se condensan en ductos durante el transporte de gas natural. Contienen principalmente pentano y otros líquidos más pesados. Son empleados para su transformación en plantas de gas y en refinerías. El municipio de Puebla no cuenta con producción ni transformación de condensados.

Gas natural

Mezcla de hidrocarburos ligeros cuyo principal constituyente es el metano. También contiene etano y propano, gases inorgánicos tales como nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico en pequeñas cantidades. Se le puede encontrar asociado a los yacimientos de petróleo crudo o independientemente en pozos de gas no asociado. En el municipio de Puebla no existe producción ni transformación de esta fuente de energía.

Nucleoenergía

Energía producida mediante la fisión de átomos de uranio. La energía térmica liberada se emplea para evaporar agua dentro de un ciclo termodinámico típico de generación eléctrica, basado en turbinas impulsadas por este vapor. En el municipio de Puebla no existen centrales que aprovechen este recurso.

Hidroenergía

Energía potencial presente en un depósito hidráulico. El agua contenida o conducida artificialmente acciona turbinas generadoras de electricidad. El municipio de Puebla no cuenta con centrales de este tipo.

Geoenergía

Calor presente en la corteza terrestre que procede del núcleo incandescente de la Tierra. Dicho calor evapora agua que es aprovechada para impulsar turbinas generadoras. México ocupa actualmente el tercer lugar en capacidad instalada de generación geotermoeléctrica. En el municipio de Puebla no se aprovecha este tipo de energía.

Energía eólica

El viento se puede considerar como una forma indirecta de energía solar (ya que ésta es la principal causa del flujo de aire en la atmósfera terrestre), empleado para impulsar turbinas. No existen centrales que empleen este recurso en el municipio de Puebla.

Bagazo de caña

Material sólido pulposo, residuo de la extracción del jugo de caña en los ingenios azucareros. Es empleado como combustible para la generación eléctrica en los propios ingenios, o como materia prima para la elaboración de aglomerados, papel y alimento para ganado. En el Estado de Puebla existen ingenios azucareros, sin embargo se encuentran localizados fuera del municipio de Puebla.

Leña

Fuente de energía obtenida de los recursos forestales y empleada en el municipio de Puebla en el sector residencial para la cocción de alimentos y calefacción, principalmente en zonas rurales.

Energía secundaria

Productos energéticos obtenidos a partir del procesamiento de fuentes de energía primaria en centros de transformación. Poseen las características necesarias para su consumo en sectores específicos. En el municipio de Puebla no existen centros de transformación que generen energía secundaria, por lo que la alcaldía debe cubrir la demanda con entradas provenientes de otras entidades federativas.

Coque de carbón

Combustible duro y poroso que resulta de la destilación destructiva del carbón mineral. Se emplea principalmente como agente reductor en la fundición de hierro y como combustible en minería. Se calcula cierto consumo de esta fuente de energía en la rama siderúrgica del sector industrial.

Coque de petróleo

Combustible sólido y poroso obtenido como residuo de la destilación del petróleo. El coque producido en refinerías es conocido como coque verde o coque sin calcinar y es empleado como fuente de energía, dado su alto contenido de compuestos volátiles. El coque calcinado se utiliza como materia prima en la elaboración de pilas secas y de electrodos. En el municipio de Puebla se calcula un consumo de este energético en varias ramas del sector industrial.

Gas LP

Mezcla combustible obtenido en refinerías mediante la destilación del petróleo a temperaturas inferiores a 40º C, así como en plantas de gas a partir del tratamiento de los líquidos del gas natural. Se compone principalmente de propano y butano, y es utilizado en los sectores residencial, comercial y transporte. Ingresa al municipio de Puebla a través de comercializadoras que distribuyen el producto a todos los sectores mencionados.

Gasolinas y naftas

Líquidos ligeros, volátiles e inflamables, obtenidos de la destilación del petróleo en refinerías, plantas de gas y fraccionadoras, con un rango de ebullición de 30 a 200º C, así como del procesamiento en plantas de gas. Incluye la gasolina de aviación (gas avión), empleada en aviones con motor de pistón; la gasolina automotriz; la gasolina natural, obtenida del gas natural; y las naftas, obtenidas del petróleo y del gas natural. Los dos últimos productos se emplean también como materia prima en la elaboración de disolventes para pinturas, barnices y

limpiadores industriales. En el municipio de Puebla se presenta consumo energético en el sector transporte, y se calcula cierto consumo como materia prima.

Querosenos

Combustibles líquidos obtenidos de la destilación del petróleo entre 150 y 300º C, llevada a cabo en refinerías, así como del procesamiento en plantas de gas y fraccionadoras. Incluye la turbosina, empleada en aviación para impulsar motores de turbina al igual que el combustible usado en la cocción de alimentos, alumbrado, motores, refrigeración y como disolvente para asfaltos e insecticidas domésticos.

Diésel

Combustible líquido obtenido de la destilación del petróleo crudo en refinerías, entre 200 y 380° C. Es empleado en los sectores transporte (automotriz, ferroviario y marítimo) e industrial. En el municipio de Puebla se cuenta con consumo para autotransporte, así como en el sector industrial, residencial, comercial y agropecuario.

Combustóleo

Combustible residual de la refinación del petróleo y del procesamiento en plantas de gas y fraccionadoras. En el municipio de Puebla se consume combustóleo únicamente en el sector industrial.

Gas seco

Combustible obtenido del gas natural en refinerías y en plantas de gas, mediante la extracción de productos licuables. Está compuesto por metano y, en menor medida, por etano. Se utiliza como combustible en los sectores industrial y residencial, así como en centrales eléctricas. También es empleado como materia prima en la industria petroquímica. En el municipio de Puebla se registra consumo de este energético en los sectores industrial, residencial, comercial y público.

Electricidad

Flujo de cargas eléctricas por conductos como cables metálicos (por ejemplo cobre). Esta energía es generada por el Sistema Eléctrico Nacional utilizando diversas fuentes. En el municipio de Puebla, no se genera electricidad.

Procesos energéticos

Delante de cada proceso detallado a continuación, se indica con signo positivo (+) si incrementa la cantidad de energía disponible, y con signo negativo (-) si la disminuye.

Energía disponible

Está conformada por la suma algebraica de los procesos de producción, variación de inventarios, energía no aprovechada e intercambios previos al consumo.

Producción (+)

Cantidad de energía primaria que es extraída dentro de los límites municipales. En el caso de la energía secundaria, se define la *Producción bruta de energía secundaria,* resultado del proceso de transformación.

Entradas (+)

Cantidad de energía primaria y secundaria que se produce fuera del municipio de Puebla e ingresa a éste para su consumo.

Salidas (-)

Cantidad de energía primaria y secundaria generada en el municipio de Puebla y destinada para su consumo fuera del territorio municipal.

Variación de inventarios (±)

Acumulación o reducción en las reservas municipales de las fuentes de energía primaria y secundaria que es posible almacenar. Es contabilizada como la diferencia entre la existencia inicial (al 1 de enero) y la final (al 31 de diciembre). La reducción en inventarios incrementa la energía disponible, por lo que se reporta como positiva (+); una acumulación se reporta con signo negativo (-).

Energía no aprovechada (-)

Energía que no es utilizada actualmente debido a la disponibilidad técnica o económica. Incluye los derrames de petróleo crudo, la cantidad de gas natural y de condensados enviados a la atmósfera, y el bagazo de caña no utilizado.

Total de transformación (±)

Cuantificación de la energía primaria y secundaria consumida en los centros de transformación para obtener fuentes de energía secundaria con características específicas para su consumo. Las cifras de consumo se reportan con signo negativo (-) y la cantidad de energía secundaria generada se reporta con signo positivo (+). Los centros de transformación pueden clasificarse en:

Coquizadoras

Plantas donde se obtiene coque de carbón como resultado de la combustión de carbón mineral y otros minerales carbonosos.

Refinerías y despuntadoras

Plantas donde se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes: gas de refinerías, gas LP, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo y coque de petróleo. En el municipio de Puebla no existen plantas de PR que desempeñen esta actividad, únicamente una Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR).

Plantas de gas y fraccionadoras

Plantas en las que se separan los componentes del gas natural para obtener gas seco, gasolinas y naftas, etano, propano y butano. PGPB no cuenta con plantas en el territorio del municipio de Puebla.

Centrales eléctricas

Transforman fuentes de energía primaria y secundaria en electricidad. Se clasifican en cinco tipos de acuerdo a la fuente energética empleada.

- Termoeléctricas: funcionan mediante turbinas accionadas por vapor de agua generado mediante la combustión de productos petrolíferos, gas seco o carbón mineral.
- Nucleoeléctricas: funcionan como una termoeléctrica en la que el calor requerido para la generación de vapor se obtiene mediante una reacción nuclear de fisión.
- Hidroeléctricas: las turbinas de estas plantas, conectadas a generadores, son impulsadas por un flujo de agua constante.
- Geotermoeléctricas: el vapor para mover los generadores eléctricos se obtiene directamente del subsuelo.
- Eoloeléctricas: los generadores eléctricos son impulsados mediante la energía del viento.

En el municipio de Puebla no existen centrales eléctricas.

Consumo del sector energético

Incluye el consumo propio del sector energético y las pérdidas dentro de éste.

Consumo propio (-)

Energía primaria y secundaria que el sector energético emplea para el funcionamiento de sus propias instalaciones. En el municipio de Puebla únicamente existe actividad de distribución en el sector eléctrico, presentándose consumo por transmisión.

Pérdidas (-)

Consisten en mermas energéticas que ocurren en las actividades que van desde la producción hasta el consumo final. En el municipio de Puebla sólo se presentan pérdidas de electricidad debidas a las actividades de transmisión y distribución.

Consumo final total

Energía y materia prima destinadas a los distintos sectores económicos para su consumo. Se clasifica en "*consumo energético* y *consumo no energético"*. El consumo final de energía primaria es significativo únicamente para carbón, bagazo de caña y leña.

Consumo final no energético (-)

Cantidad de las fuentes de energía empleadas como materia prima para la elaboración de productos que no serán usados con fines energéticos. Se clasifica en dos ramas del sector industrial.

- Consumo en petroquímica de Pemex.
- Consumo en la rama química.

El municipio de Puebla sólo se presenta consumo no energético en la rama química, pues PPQ no cuenta con plantas en la entidad.

Consumo final energético (-)

Consumo llevado a cabo por los consumidores finales de los siguientes sectores económicos:

- Residencial, comercial y público.
    - Residencial: Energía empleada para cocción de alimentos, calentamiento de agua, iluminación, refrigeración, planchado, entre otros.
    - Comercial: Consumo en locales comerciales, restaurantes, hoteles, entre otros.
    - Público: Incluye alumbrado, bombeo de agua potable y de aguas negras.
- Transporte: Incluye consumo energético en autotransporte, ferroviario, marítimo y eléctrico.
- Agropecuario: Consumo energético efectuado por todas las actividades relacionadas directamente con la agricultura y la ganadería, como es el caso de la electricidad para bombeo de agua y riego, el uso de combustibles para maquinaria agrícola, entre otros.
- Industrial: Se clasifica en 17 ramas; petroquímica de Pemex, siderurgia, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz, aguas envasadas, construcción, hule, aluminio, tabaco, y otras ramas (SENER, 2011).

Diferencia estadística

Variable de ajuste empleada para compensar las diferencias entre la energía disponible y la demanda energética, debidas a variaciones entre las fuentes de información o a procesos no contemplados en el estudio. En este documento, la diferencia estadística se reporta como *no disponible* (n. d.), al no haber más de una fuente de información para cada proceso.

2.2 Matrices y diagramas

Los resultados se presentan en arreglos matriciales anuales, con columnas que corresponden a las fuentes de energía y cuyas filas son los procesos convencionales de suministro, transformación, pérdidas y consumo. La información integrada se muestra en diagramas de Sankey.

A continuación se muestran los resultados del balance energético municipal para el año 2011. En cuanto a los resultados propios de los años 2006 - 2010. Las tablas 2.1 y 2.2, muestran la información anual en forma de arreglo matricial, correspondiente a los procesos de cada fuente de energía primaria y secundaria. La figura 2.6 ilustra gráficamente los flujos de cada fuente de energía en forma cualitativa y cuantitativa, mediante un diagrama de Sankey. Las fuentes de energía se presentan en columnas y los procesos en filas. El texto marcado de color gris, indica que el proceso no corresponde a la fuente de energía señalada. El texto de color azul se muestra los totales.

La suma algebraica de las cifras de una fuente de energía, es decir, de una columna, da como resultado la diferencia estadística. Esta diferencia estadística se reporta como no disponible (n. d.), cuando se supone igual a cero para permitir el cálculo de algún proceso específico mediante la ecuación del balance.

Tabla 2.1 *Balance Energético Municipal 2011, energía primaria en Petajoules (PJ).*

	Carbón	Petróleo crudo	Conden-sados	Gas natural	Nucleo-energía	Hidro-energía	Geo-energía	Energía eólica	Bagazo de caña	Leña	**Total de energía primaria**
Energía disponible	**0.033**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.310**	**0.348**
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.310	0.314
Entradas	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033
Variación de inventarios	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No aprovechada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total transformación	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	0.000	0.000	**0.000**
Coquizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y despuntadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Plantas de gas y fraccionadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
centrales eléctricas CFE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo propio del sector	0.000	0.000	0.000	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
Perdidas (transporte, almacenamiento y distribución.)	0.000	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
Consumo final total	**-0.033**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**	**-0.310**	**-0.348**
Consumo final no energético	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Otras ramas económicas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo final energético	-0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.314	-0.348
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**-0.314**	**-0.314**
Transporte	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Agropecuario	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Industrial	-0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.033
Producción bruta secundaria											
Diferencia estadística	**n.d.**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**n.d.**	**0.000**

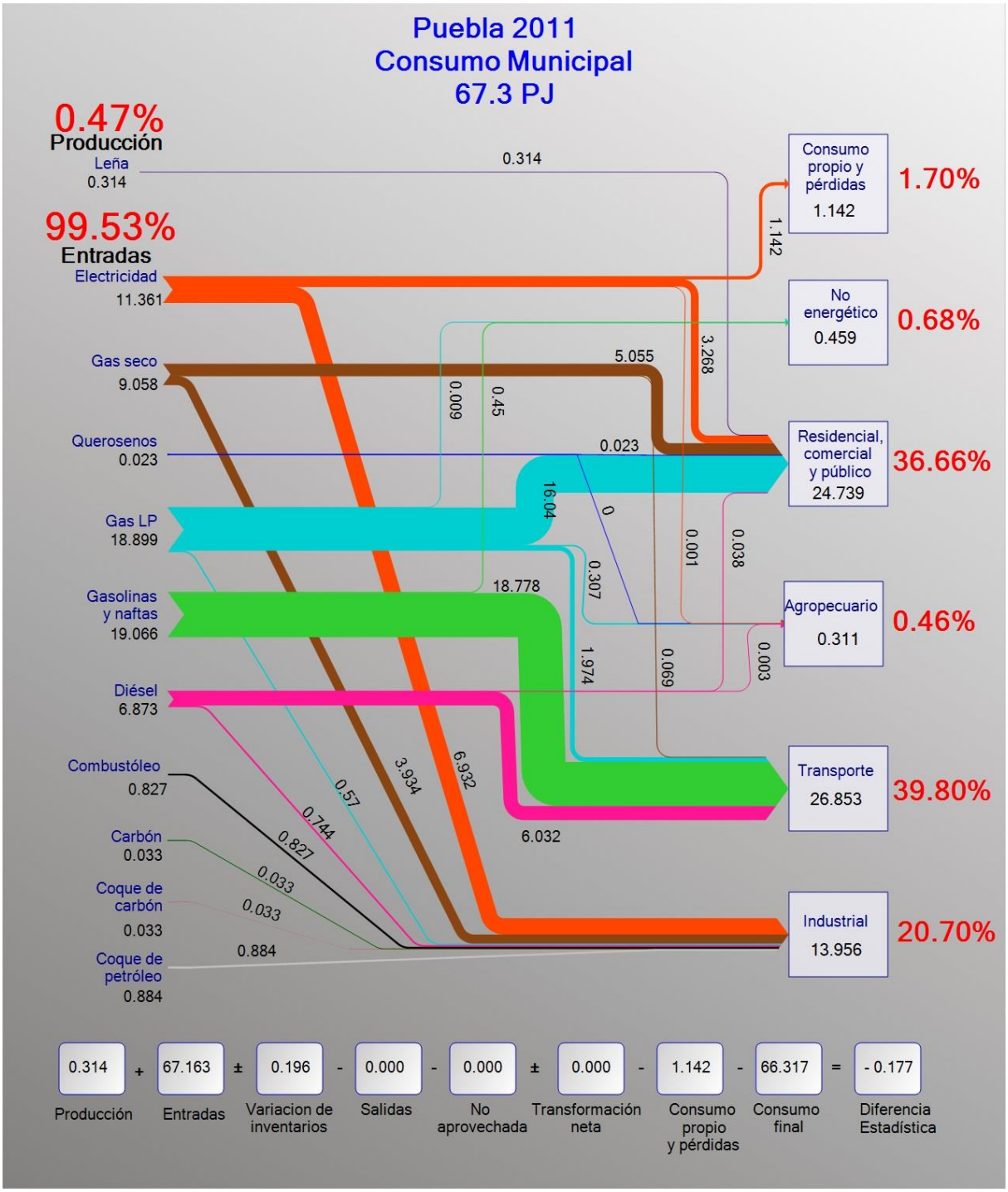
Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Tabla 2.2 *Balance Energético Municipal 2011, energía secundaria en Petajoules (PJ).*

Petajoules	Coque de carbón	Coque de petróleo	Gas LP	Gasolinas y naftas	Querosenos	Diésel	Combus-tóleo	Gas seco	Electricidad	Total de energía secundaria	Total
Energía disponible	**0.033**	**0.884**	**18.899**	**19.066**	**0.023**	**6.783**	**0.827**	**9.058**	**11.361**	**66.934**	**67.281**
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.314
Entradas	0.033	0.884	18.899	19.228	0.023	6.817	0.827	9.058	11.361	67.129	67.163
Variación de inventarios	0.000	0.000	0.000	-0.162	0.000	-0.034	0.000	0.000	0.000	-0.196	-0.196
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No aprovechada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total transformación	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
Coquizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y despuntadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Plantas de gas y fraccionadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Centrales eléctricas CFE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo propio del sector	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**
Perdidas (transporte, almacenamiento y distribución.)	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**-1.142**	**-1.142**	**-1.142**
Consumo final total	**-0.033**	**-0.884**	**-18.899**	**-19.228**	**-0.023**	**-6.817**	**-0.827**	**-9.058**	**-10.201**	**-65.969**	**-66.317**
Consumo final no energético	0.000	0.000	-0.009	-0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.459	-0.459
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Otras ramas económicas	0.000	0.000	-0.009	-0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.459	-0.459
Consumo final energético	-0.033	-0.884	-18.890	-18.778	-0.023	-6.817	-0.827	-9.058	-10.201	-65.511	-65.858
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	-16.040	0.000	-0.023	-0.038	0.000	-5.055	-3.268	-24.424	-24.739
Transporte	0.000	0.000	-1.974	-18.778	0.000	-6.032	0.000	-0.069	0.000	-26.853	-26.853
Agropecuario	0.000	0.000	-0.307	0.000	0.000	-0.003	0.000	0.000	-0.001	-0.311	-0.311
Industrial	-0.033	-0.884	-0.570	0.000	0.000	-0.744	-0.827	-3.934	-6.932	-13.923	-13.956
Producción bruta de energía secundaria	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diferencia estadística	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**n.d.**	**-0.177**	**-0.177**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Figura 2.6 *Balance Energético Municipal 2011 en petajoules (PJ).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

2.3 Análisis

Considerando los procesos existentes en el municipio de Puebla, la descripción energética municipal se basa en el análisis de los procesos de producción, consumo final total y transformación en centrales eléctricas. Esto permite evaluar el nivel de autosuficiencia energética del municipio. Finalmente se analiza la correlación del sector energético con factores económicos.

Producción

En la tabla 2.3 se observan las fuentes de energía primaria en el municipio de Puebla, así como el porcentaje de cada una de ellas respecto a la producción anual total.

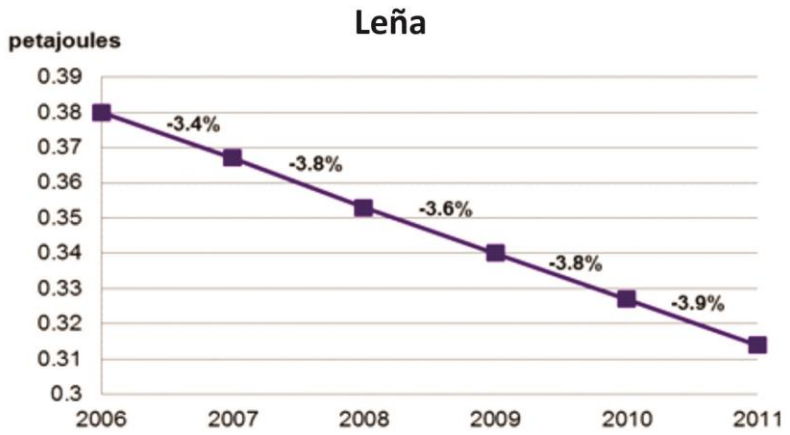
***Tabla 2.3**. Producción de energía primaria en Petajoules.*

	Producción de energía (primaria)						Estructura porcentual					
Petajoules	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
							%	%	%	%	%	%
Leña	0.380	0.367	0.353	0.340	0.327	0.314	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Total	0.380	0.367	0.353	0.340	0.327	0.314						

***Fuente:** Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

La figura 2.7 ilustra la variación porcentual de la fuente de energía producida en el municipio de Puebla a lo largo del periodo de estudio. Se observa que la producción de leña decrece consistentemente durante el periodo 2006 - 2011.

***Figura 2.7** Variación porcentual de la producción anual de energía primaria.*



***Fuente:** Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

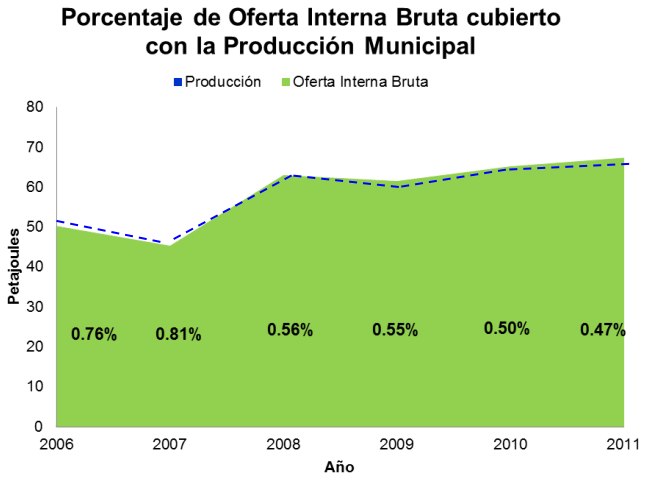
En el municipio de Puebla de acuerdo a los resultados obtenidos, no se produce energía suficiente para satisfacer su demanda. La tabla 2.4 muestra la comparación anual de la producción y las entradas de energía municipal; con la energía disponible, desglosada por fuente, cabe mencionar que la contribución de la producción a la oferta municipal ha decrecido en el periodo de estudio; es decir, ha disminuido la autosuficiencia energética del municipio. Se observa que el porcentaje promedio con que la producción municipal contribuyó a la energía disponible es del 0.64%, presentándose la mayor contribución durante el año 2007 con el 0.81%.(figura 2.8).

Tabla 2.4 *Producción municipal de energía, entradas y total de energía disponible (incluye cuantificación de electricidad).*

Petajoules	Producción de energía						Entradas						Energía disponible					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón							0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Petróleo crudo							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas natural							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidroenergía													0	0	0	0	0	0
Geoenergía													0	0	0	0	0	0
Leña	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31							0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31
Coque de carbón							0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Coque de petróleo							0.79	0.82	0.84	0.76	0.84	0.88	0.79	0.82	0.84	0.76	0.84	0.88
Gas LP							10.22	12.11	16.20	18.07	20.01	18.90	10.22	12.11	16.20	18.07	20.01	18.90
Gasolinas y naftas							16.59	17.81	20.05	18.71	18.69	19.23	16.53	17.87	20.20	18.71	18.85	19.07
Querosenos							0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Diésel							6.54	7.12	7.45	6.77	6.74	6.82	6.45	6.95	7.65	6.74	6.75	6.78
Combustóleo							0.74	0.77	0.79	0.71	0.78	0.83	0.74	0.77	0.79	0.71	0.78	0.83
Gas seco							4.63	5.16	5.88	5.65	6.44	9.06	4.63	5.16	5.88	5.65	6.44	9.06
Electricidad							10.37	1.11	10.96	10.39	11.04	11.36	10.37	1.11	10.96	10.39	11.04	11.36
Total	**0.38**	**0.37**	**0.35**	**0.34**	**0.33**	**0.31**	**49.97**	**45.00**	**62.25**	**61.15**	**64.62**	**67.16**	**50.19**	**45.26**	**62.94**	**61.45**	**65.13**	**67.28**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Figura 2.8 *Porcentaje de la energía disponible cubierto con producción municipal. La franja azul constituyen la producción, el fondo verde representa el total de energía disponible.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Consumo final total

La tabla 2.5 muestra las cifras anuales de todas las fuentes de energía consumidas en el municipio de Puebla, así como el porcentaje que representa cada una respecto del total.

Tabla 2.5 *Consumo final total de energía en Petajoules.*

	Consumo final de energía						Estructura porcentual (%)					
Petajoules	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Leña	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
Coque de carbón	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Coque de petróleo	0.79	0.82	0.84	0.76	0.84	0.88	1.6	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3
Gas LP	10.22	12.11	16.20	18.07	20.01	18.90	20.8	23.2	26.3	29.9	31.4	28.5
Gasolinas y naftas	16.59	17.81	20.05	18.71	18.69	19.23	33.8	34.1	32.6	31.0	29.3	29.0
Querosenos	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Diésel	6.54	7.12	7.45	6.77	6.74	6.82	13.3	13.6	12.1	11.2	10.6	10.3
Combustóleo	0.74	0.77	0.79	0.71	0.78	0.83	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2
Gas seco	4.63	5.16	5.88	5.65	6.44	9.06	9.4	9.9	9.6	9.4	10.1	13.7
Electricidad	9.13	8.02	9.86	9.30	9.90	10.20	18.6	15.3	16.0	15.4	15.5	15.4
Total	**49.1**	**52.3**	**61.5**	**60.4**	**63.8**	**66.3**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Las fuentes de energía de mayor relevancia son las gasolinas y gas LP, que promedian 58% del consumo final total en conjunto, durante el periodo de estudio.

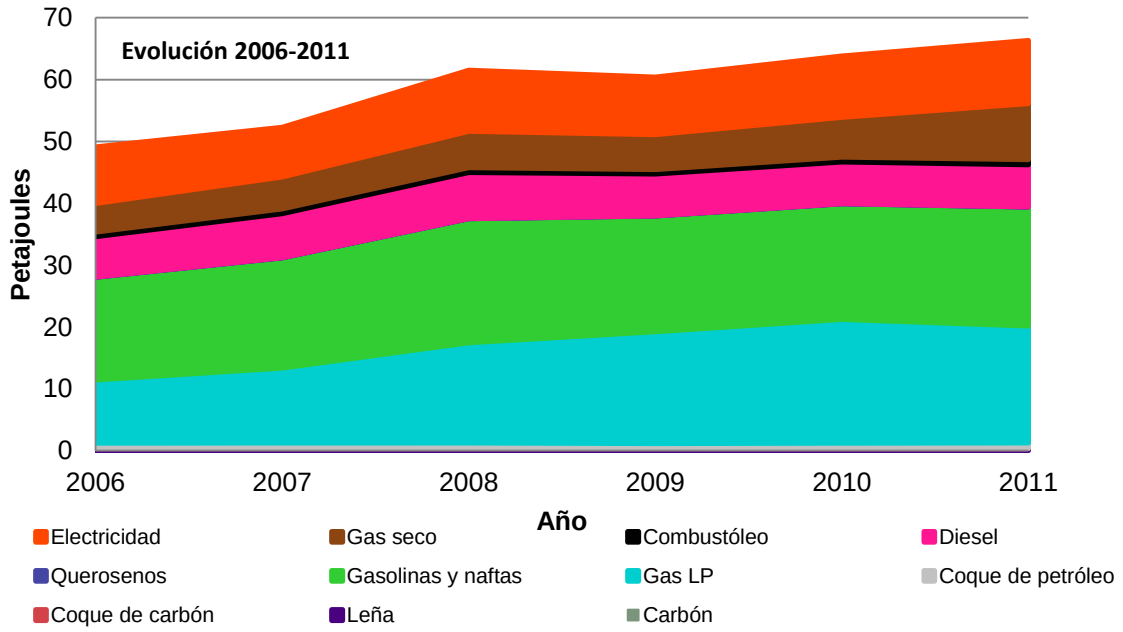
Con respecto a la variación porcentual anual en el consumo final total de cada una de las fuentes de energía empleadas en el municipio de Puebla, el consumo de leña presenta una disminución constante durante todo el periodo de estudio. Contrario a esto, el gas LP y gas seco presentan una tendencia general positiva.

El aumento en el consumo de estos combustibles fósiles que no se producen dentro del municipio es causa de la creciente dependencia energética del municipio. A su vez, el escaso aprovechamiento de fuentes renovables de energía refleja la insostenibilidad de estas tendencias.

En el municipio de Puebla no existe consumo de petróleo crudo, bagazo de caña, condensados ni gas natural. Se puede observar que el consumo de la mayoría de los combustibles, presenta una disminución durante el periodo 2008 - 2009.

En la figura 2.9 se muestra la evolución anual del consumo final total de cada una de las fuentes de energía. De acuerdo con el “Reloj de los ciclos económicos”, la disminución en el consumo total de energía de 2008 a 2009 se puede deber tanto a la recesión económica, como al alza de los precios de los combustibles y a las políticas de ahorro energético (SENER, 2011).

Figura 2.9 *Evolución anual del consumo final total de energía.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Consumo en el sector industrial

Con base en "El Balance Nacional de Energía 2011", el sector industrial está clasificado en 17 ramas. Estas ramas son: petroquímica de Pemex, siderurgia, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, cerveza y malta, fertilizantes, automotriz, aguas envasadas, construcción, hule, aluminio, tabaco, y otras ramas.

En la tabla 2.6 se listan los consumos anuales de las fuentes de energía empleadas por cada rama industrial.

Las gráficas de la figura 2.10 ilustra la evolución anual en el consumo de cada fuente de energía. Para estos gráficos la categoría "demás ramas" es la agrupación de las ramas: celulosa y papel, vidrio, automotriz, hule y aluminio.

El carbón se consume significativamente sólo en la rama cementera y otras ramas, sin embargo el crecimiento en la industria siderúrgica se refleja en el incremento general del consumo de coque de carbón en el municipio.

El constante crecimiento de la industria celulosa y papel, química y otras ramas en el municipio de Puebla representaron consumos en aumento para el gas seco durante el periodo de 2006 a 2011. La rama química también fue una industria que mantuvo constante el consumo eléctrico; junto con otras ramas y demás ramas.

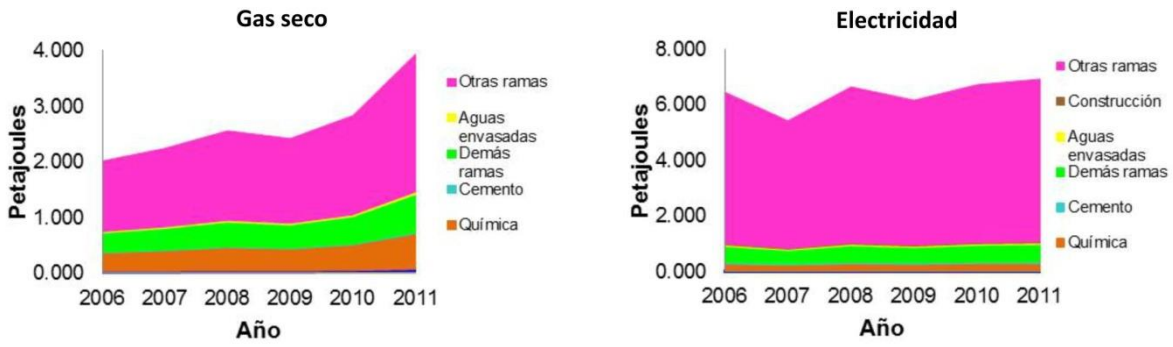
El sector industrial presentó una disminución en su consumo energético en 2009, para aumentar nuevamente en 2010.

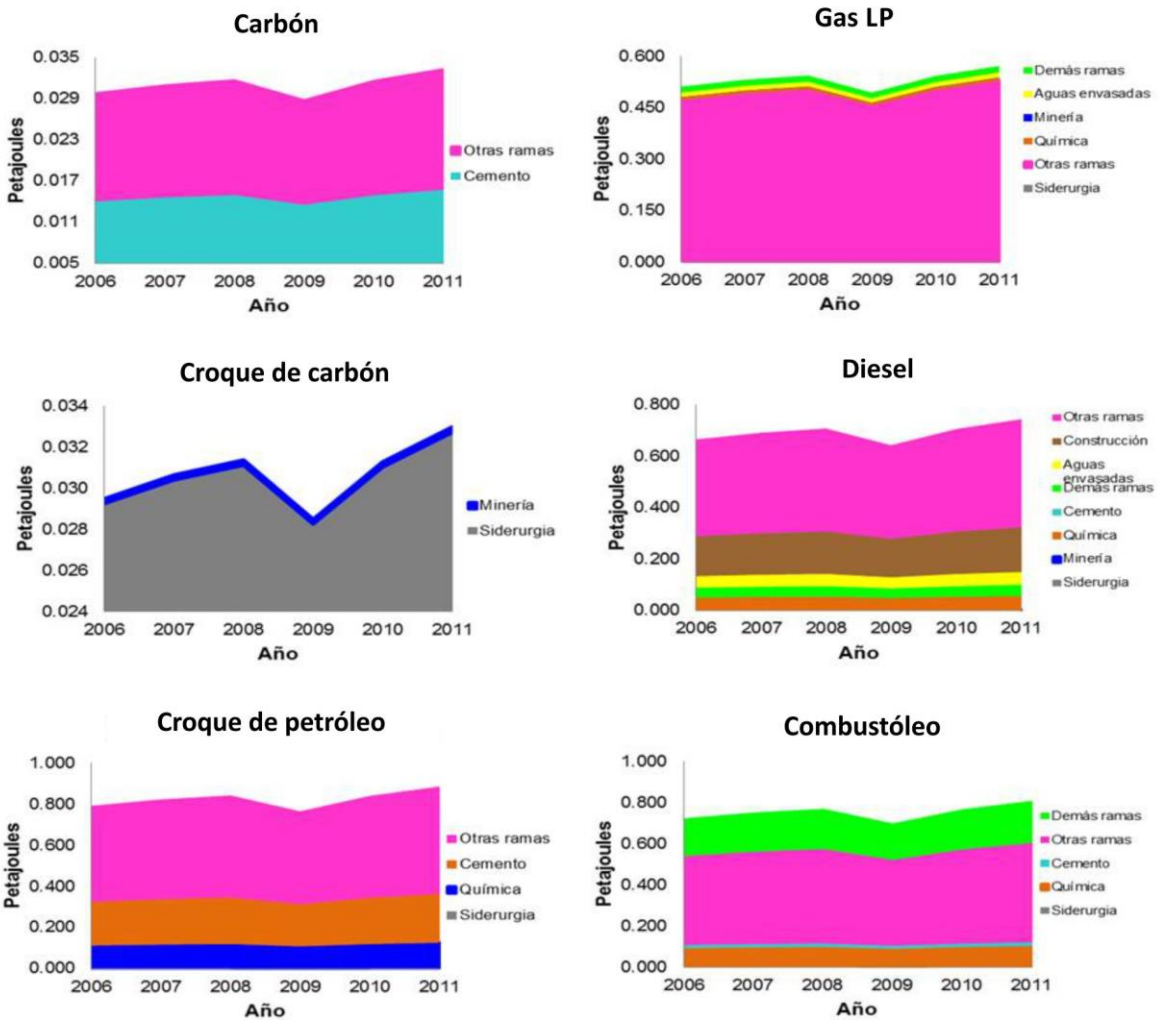
Tabla 2.6 *Consumo energético en el sector industrial, en Petajoules.*

Consumo del sector industrial													
	2006	2007	2008	2009	2010	2011		2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	**Combustóleo**	0.74	0.77	0.79	0.71	0.78	0.83
Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	Siderurgia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras ramas	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	Química	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10
Química	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Coque de carbón	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Siderurgia	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	Celulosa y papel	0.18	0.18	0.19	0.17	0.19	0.20
Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coque de petróleo	0.79	0.82	0.84	0.76	0.84	0.88	Aguas envasadas	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Siderurgia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Hule	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.21	0.22	0.23	0.21	0.23	0.24	Otras ramas	0.43	0.45	0.46	0.42	0.46	0.48
Gas LP	0.51	0.53	0.54	0.49	0.54	0.57	**Gas seco**	2.01	2.24	2.56	2.42	2.83	3.93
Otras ramas	0.46	0.48	0.49	0.45	0.49	0.52	Siderurgia	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06
Aluminio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Química	0.33	0.37	0.42	0.39	0.46	0.64
Siderurgia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Química	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Celulosa y papel	0.29	0.32	0.37	0.35	0.41	0.57
Celulosa y papel	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Automotriz	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04
Automotriz	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Aguas envasadas	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Aguas envasadas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Hule	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Hule	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Aluminio	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
Aluminio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Otras ramas	1.27	1.41	1.61	1.52	1.78	2.48
Otras ramas	0.47	0.49	0.50	0.46	0.50	0.53	Siderurgia	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Diésel	0.66	0.69	0.71	0.64	0.71	0.74	**Electricidad**	6.46	5.43	6.65	6.17	6.73	6.93
Siderurgia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Química	0.27	0.22	0.27	0.25	0.28	0.29
Química	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Fabricación de cemento y productos con base de cemento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Minería	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Celulosa y papel	0.25	0.21	0.26	0.24	0.27	0.27
Celulosa y papel	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	Vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Automotriz	0.15	0.12	0.15	0.14	0.15	0.16
Automotriz	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Aguas envasadas	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
Aguas envasadas	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	Construcción	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
Construcción	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.17	Hule	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Hule	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Aluminio	0.17	0.14	0.18	0.16	0.18	0.18
Otras ramas	0.37	0.39	0.40	0.36	0.40	0.42	Otras ramas	5.45	4.58	5.61	5.20	5.68	5.85

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Figura 2.10 *Evolución anual del consumo energético por rama industrial.*





Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Otras ramas y demás ramas

La demanda de energía según la clasificación nacional se concentra en giros específicos, pero debido a que existe una gran diversidad de establecimientos, comercios y servicios de distinta índole, éstas se clasifican en "Otras ramas y demás ramas". En este sentido, se describen según el combustible que utilizan.

Gas LP:

- **Demás ramas:** incluye minería, celulosa y papel, vidrio, automotriz, hule y aluminio.

Diésel:

- **Demás ramas:** incluye celulosa y papel, vidrio, automotriz, hule y aluminio.

Combustóleo:

- **Demás ramas:** incluye minería, celulosa y papel, vidrio, aguas envasadas y hule.

- **Otras ramas (para gas LP, diésel y combustóleo):** Incluye Industria alimentaria (sin tomar en cuenta la elaboración de azúcares), elaboración de bebidas alcohólicas, elaboración de bebidas destiladas, textiles, curtido y acabado de cuero y piel, madera, impresión, industria metálica básica (sin tomar en cuenta la industria básica de hierro y acero, fabricación de productos de hierro y acero e industria básica del aluminio), productos metálicos, fabricación de maquinaria, fabricación de equipos de computación, fabricación de accesorios eléctricos, fabricación de muebles, colchones, persianas e industria manufacturera.

En la tabla 2.7 se presenta la información estadística anual referente a los procesos eléctricos en el municipio de Puebla.

Tabla 2.7 *Procesos estatales de la electricidad en Petajoules.*

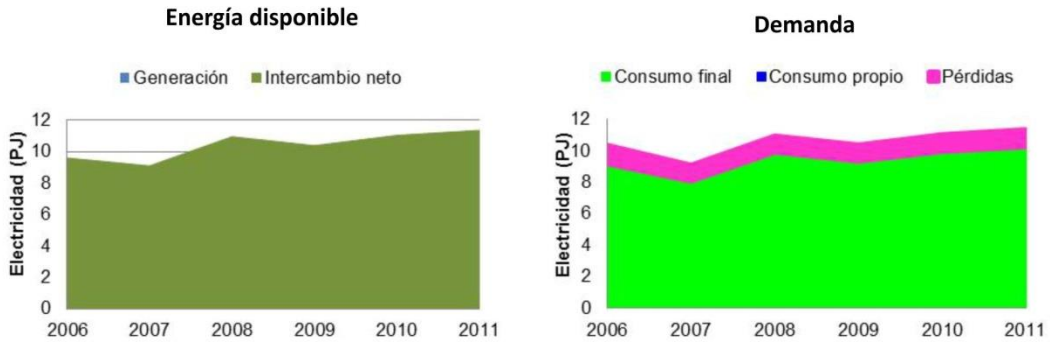
Petajoules	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Generación	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Intercambio neto	10.367	1.111	10.958	10.389	11.042	11.361
Consumo propio	0.017	0.016	0.016	0.018	0.017	0.018
Pérdidas por distribución	1.225	1.068	1.078	1.076	1.122	1.142
Consumo final	9.126	0.027	9.863	9.295	9.902	10.201
Demanda municipal	**10.367**	**1.111**	**10.958**	**10.389**	**11.042**	**11.361**

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

El municipio de Puebla no genera energía eléctrica, debido a que no existen plantas de dicha naturaleza dentro del territorio. Toda la electricidad que requiere el municipio proviene de Mazatepec (Tlatlauquitepec), Laguna Verde (Veracruz) y Texcoco (Estado de México) según lo indica el Sistema Eléctrico Mexicano (2010).

Como se puede observar en la figura 2.11, la generación eléctrica en el municipio es nula. Durante el año 2007 la demanda de energía eléctrica a nivel municipal sufrió un importante y marcado descenso. En los años posteriores se incrementó y hasta el 2011 se mantiene en crecimiento.

Figura 2.11 *Energía disponible y demanda de electricidad en el municipio de Puebla.*

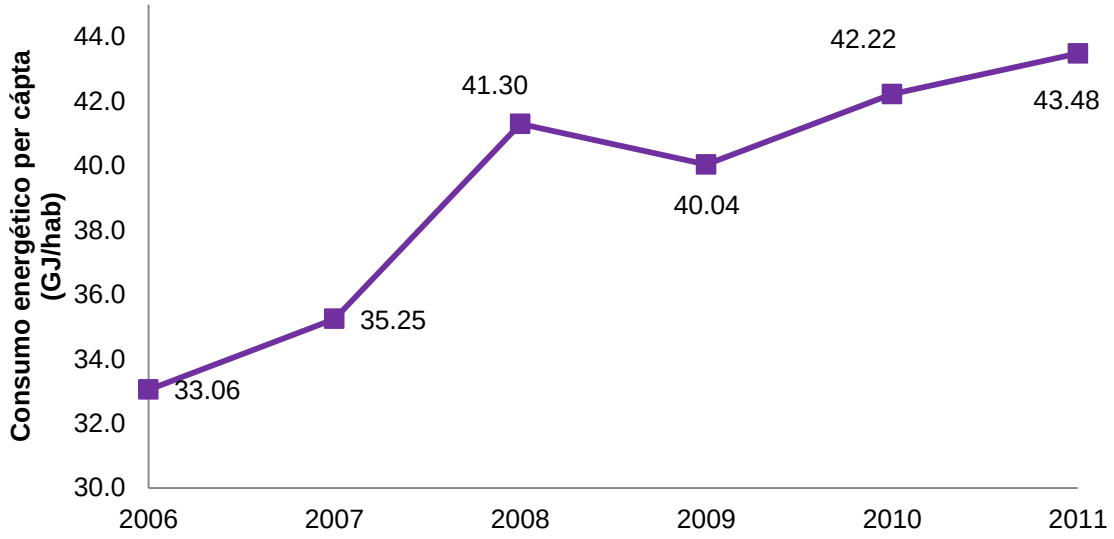


Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Consumo energético per cápita

Durante el periodo analizado, el consumo de energía per cápita en el municipio de Puebla aumentó de 33.06 GJ/hab en 2006 a 41.30 GJ/hab en 2008, para posteriormente disminuir ligeramente hasta 40.04 GJ/hab en 2009 (figura 2.12). Durante los años posteriores, es decir, para el periodo comprendido de 2010 a 2011 aumentó hasta 43.48 GJ/hab. Estos valores son superiores a los correspondientes para el Estado de Puebla y su causa principal es el consumo de gasolina en el sector transporte.

Figura 2.12 *Consumo energético per cápita municipal.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

2.4 Conclusiones

El consumo municipal de energía aumentó un 25.95% en el periodo comprendido entre 2006 y 2011. En el municipio de Puebla se produjo en promedio el 0.64% de la energía consumida anualmente durante el periodo 2006 - 2011; por lo que es posible concluir que el municipio no es autosuficiente y por ello depende energéticamente de otras entidades municipales y estatales.

Es importante resaltar que el municipio de Puebla no genera la electricidad consumida dentro de su territorio. De acuerdo a "El Balance Energético Municipal", el municipio de Puebla presentó hasta 2008 un crecimiento sostenido en el consumo de gasolinas y diésel. Este consumo es resultado, primordialmente del sector transporte, lo cual justifica el apoyo a sistemas de transporte colectivo.

El municipio de Puebla solo presenta la producción de leña como energía primaria. Sin embargo, es importante resaltar que no es significativo, ya que en promedio representa 0.347 PJ durante el periodo de estudio. Aunado a esto, su producción descendió notoriamente, un 17.36 % en el intervalo de tiempo analizado. No obstante, el volumen desde la perspectiva social y forestal, se establece como un foco de atención.

3

Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), Licencia de Funcionamiento (LF) y aplicación de la Cédula de Operación Anual (COA)

3. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), Licencia de Funcionamiento (LF) y aplicación de la Cédula de Operación Anual (COA)

3.1 Breve historia del desarrollo económico en el municipio de Puebla

La industria en Puebla data de tiempos del virreinato, siendo en ese entonces la segunda ciudad en importancia de la Nueva España debido a su producción textil y de harina de trigo (Ventura Rodríguez[9]). En el año de 1835, una empresa denominada "La Constancia Mexicana", inicia operaciones como la primera fábrica textil que empleó la energía eléctrica proveniente de la caída del agua para el funcionamiento de su maquinaria.

Por otra parte, la producción de algodón fue la más importante del municipio hacia mediados del siglo XIX, la que llegó a representar cerca de las dos terceras partes del sector manufacturero, seguida por los molinos de trigo, obrajes textiles, tocinerías, ladrilleras, curtidurías y otros establecimientos. La electricidad fue un factor importante para la producción de las empresas, debido a que permitió a las fábricas trabajar durante periodos más largos, cabe mencionar que antes de su uso, las fábricas trabajaban hasta las 10 de la noche utilizando quinqués.

Hacia 1955 la región poblana siguió ocupando el primer lugar en el país en producción industrial y producción de electricidad, a estas ramas le seguían la producción de alimentos y bebidas. Es entre 1965 y 1975 que la industria se diversifica de manera importante, debido a la política de estímulos a la industria que permitió la introducción de las ramas metal mecánica, química y automotriz, así la principal rama industrial en Puebla pasa a ser la industria de la transformación.

Actualmente el valor de la producción industrial del municipio se concentra en el ramo automotriz, maquinaria, productos metálicos y equipo industrial; con más del 42% del total. Cabe señalar que el 80% de la industria del Estado se concentran en el municipio de Puebla y sus alrededores.

3.2 El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)

Para entender mejor el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), nos referimos al artículo 109 bis de la LGEEPA mismo que señala:

> *Se debe integrar la información de las diferentes fuentes emisoras de competencia de los tres órdenes de gobierno, a través de un instrumento denominado "Registro de Emisiones y transferencia de Contaminantes RETC". Cuya información será actualizada anualmente y estará disponible al público.*

Se estima que gran parte de los procesos de producción, comercios y servicios conllevan alguna actividad que tiene un impacto sobre el ambiente, y, específicamente, sobre la contaminación atmosférica.

El objeto del RETC, es compilar información y presentarla a la sociedad con la reservas que confiere brindando el derecho del público a la información ambiental, además de ser un instrumento para observar el cumplimiento de la normatividad ambiental, evaluación, prevención

[9] La industrialización en Puebla, México, 1835-1976. Ventura Rodríguez, María Teresa.

y comunicación de riesgos ambientales, control de los residuos, gestión de la calidad del aire, administración del recurso hídrico y descargas, reducción de gases de efecto invernadero y administración ambiental.

Uso del RETC

Mediante el RETC se puede obtener información acerca del lugar en que se encuentra ubicado un establecimiento, indicar si en su proceso se utilizan contaminantes o si están siendo emitidos al aire, al agua o al suelo; o si tienen alguna transferencia de sustancias RETC. (SEMARNAT, 2013).

Alcance del RETC

Proveer a las autoridades con datos útiles para establecer prioridades de gestión ambiental y de salud, obtener un diagnóstico de la industria o establecimientos sobre los procesos de producción o actividades, asimismo, caracterizar la materia prima o energía que utilizan.

3.3 Licencia de fuentes fijas e implementación de la Cédula de Operación Anual.

Antecedentes

En México, como en otros países, existen herramientas de regulación de fuentes generadoras de emisiones contaminantes a la atmósfera. Para el caso del municipio de Puebla, se presenta la matriz de la normativa aplicable en la materia según sus competencias (tabla 3.1).

Tabla 3.1 *Matriz de competencias aplicables en el municipio de Puebla.*

	Federal	Estatal	Municipal
Fuentes fijas	Licencia Ambiental Única, y Cédula de Operación Anual	Licencia de funcionamiento	n/a
Fuentes de área (servicios y comercios)	n/a	n/a	Licencia de funcionamiento

**n/a: No aplica*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Es el poder ejecutivo (federal, estatal o municipal) el responsable de aplicar estas herramientas de regulación, vigilando que sean observadas por los sujetos obligados. Para el caso del municipio que es objeto de este estudio, se observa que sus competencias se limitan únicamente a la regulación de las *"fuentes de área"* en materia de contaminación atmosférica, según se colige del artículo de 115 de nuestra constitución, entre los que se encuentran los servicios y comercios.

En este sentido, en materia de establecimientos de competencia federal se recopila su información a través de la COA y aplica a los giros industriales contenidos en el Artículo 111 Bis de la LGEEPA. Para el caso del Estado de Puebla, es a través de la licencia de funcionamiento y para el caso del municipio, esta se realiza por medio de la licencia de funcionamiento municipal. Cabe señalar, que la herramienta que en los tres casos se utiliza es similar.

Los contaminantes a declararse son aquellos que se incorporan directamente a algún medio: agua residual o algún cuerpo de agua, aire y/o suelo, y que alteran o puede alterar la composición del medio al que es liberado. La transferencia de sustancias, es el traslado de las mismas en forma de

residuos a un sitio que se encuentra físicamente separado del establecimiento que las generó, con finalidades de reutilización, reciclaje, obtención de energía, co-procesamiento, tratamiento o confinamiento.

Lo anterior, permite establecer instrumentos de política creados bajo las siguientes premisas. La primera, acceso ciudadano a la información, la segunda, es obligación del gobierno regular la conducta de la fuente contaminante, y la tercera, rendición de cuentas. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es el organismo encargado de diseñar e implementar el RETC a nivel nacional, con el principal objetivo de llevarlo a ser comparable (no sólo en diseño, sino también en efectividad) a sus contrapartes norteamericanas. Las recomendaciones en este informe están dirigidas a reforzar y mejorar la calidad de la información recibida.

Para el caso del Estado de Puebla la figura del RETC se incluyó el 10 de septiembre de 2010 en la Ley Para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla, con la finalidad de dar el sustento legal a la implementación de esta herramienta tanto a nivel estatal y municipal. La información generada será reportada de manera anual por los municipios a la SDRSOT, misma que a su vez la remitirá a la SEMARNAT, tal como se establece en el siguiente articulado:

CAPÍTULO I BIS Del registro estatal de emisiones y transferencia de contaminantes

ARTÍCULO 111 Bis.- *El Estado y los municipios dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, deberán integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes al aire, agua y suelo, materiales y residuos de su competencia, así como aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. Los responsables de establecimientos industriales, comerciales y de servicios, de competencia estatal o municipal, están obligados a proporcionar los datos y documentos necesarios para integrar los Registros Estatal o Municipal, según sea el caso.*

ARTÍCULO 111 Quater.- *El Registro Estatal, tendrá como objetivo integrar un Sistema de Información de las Fuentes de Contaminación Ambiental en el Estado, el cual se conformará con datos desagregados por sustancia y por fuente, anexando nombre y dirección de los establecimientos sujetos a registro, mismo que servirá para motivar e instrumentar las políticas públicas adecuadas en la prevención y protección del ambiente y los recursos naturales.*

ARTÍCULO 111 Quinquies.- *La Secretaría colaborará con los municipios que así lo soliciten, para integrar su Registro Municipal, previa celebración del convenio correspondiente. Los municipios, presentarán de forma anual ante la Secretaría, los datos e informes relativos a su Registro Municipal, previo acuerdo que formalicen las partes y de conformidad con la normatividad aplicable.*

La Secretaría recabará e integrará información de los Registros Municipales de Emisiones y Transferencia de Contaminantes al Registro Estatal, formando parte del Subsistema Estatal de Información Ambiental.

La información contenida en el Subsistema Estatal de Información Ambiental, será presentada por la Secretaría a la Dependencia o Entidad de la Administración Pública Federal que corresponda, previa formalización del convenio respectivo, a fin de que se incorpore al Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes y al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales. La información que conforme el Registro Estatal será pública, de conformidad con los términos de esta Ley, de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Puebla y demás disposiciones aplicables.

En este sentido, el 25 de noviembre de 2011, el Gobierno del Estado de Puebla, a través de la entonces Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT) firmó con

la SEMARNAT el acta de instalación del "Grupo de Coordinación y Seguimiento del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para el Estado de Puebla".

3.4 Desarrollo de la Cédula de Operación Anual en Puebla (en Línea)

Con base en las necesidades de contar con una herramienta de ágil llenado y consulta, se decide realizar la sistematización de esta herramienta, con la finalidad de homologar los criterios de evaluación, consulta y reporte. En este sentido, se realizó de manera paralela a este estudio, el desarrollo de un software, que permita en línea (WEB) ingresar datos por parte de particulares y acceder a la información, de igual manera generar información y reportes.

Esta plataforma estará en línea y tendrá las siguientes interfaces de consulta, que a continuación se describe de manera sucinta (figura 3.1).

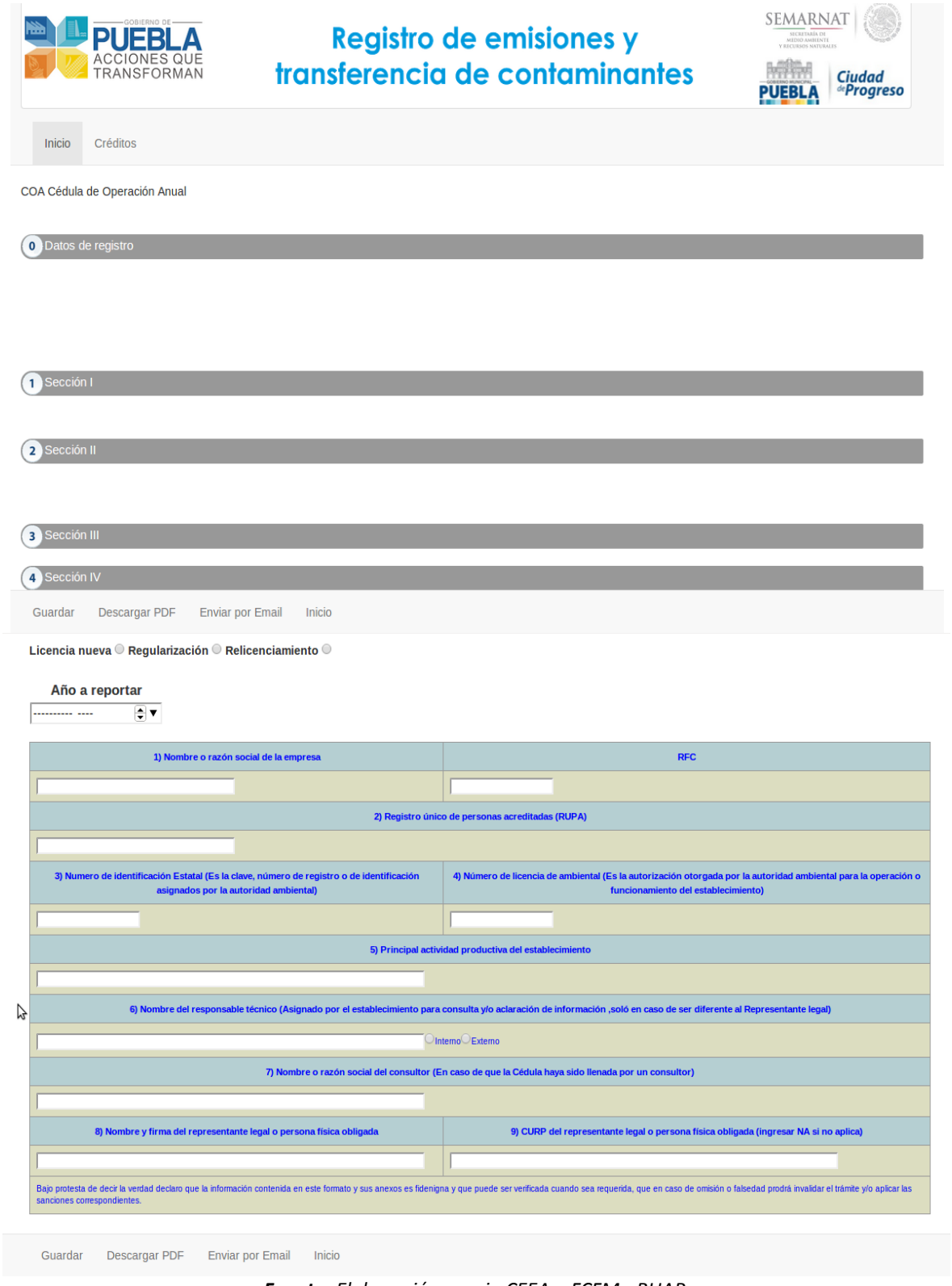
Figura 3.1 *Interfaces de consulta.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCM - BUAP.*

Este sistema tiene varios niveles de administradores, por lo que es necesario introducir el password y el usuario para tener acceso a las funciones.

Una vez introducido el usuario y el password correctos, procederemos a la captura de la información (figura 3.2). Cabe señalar que si algún campo es requerido, el sistema avisará para que sea llenado y poder pasar a la siguiente etapa de captura.

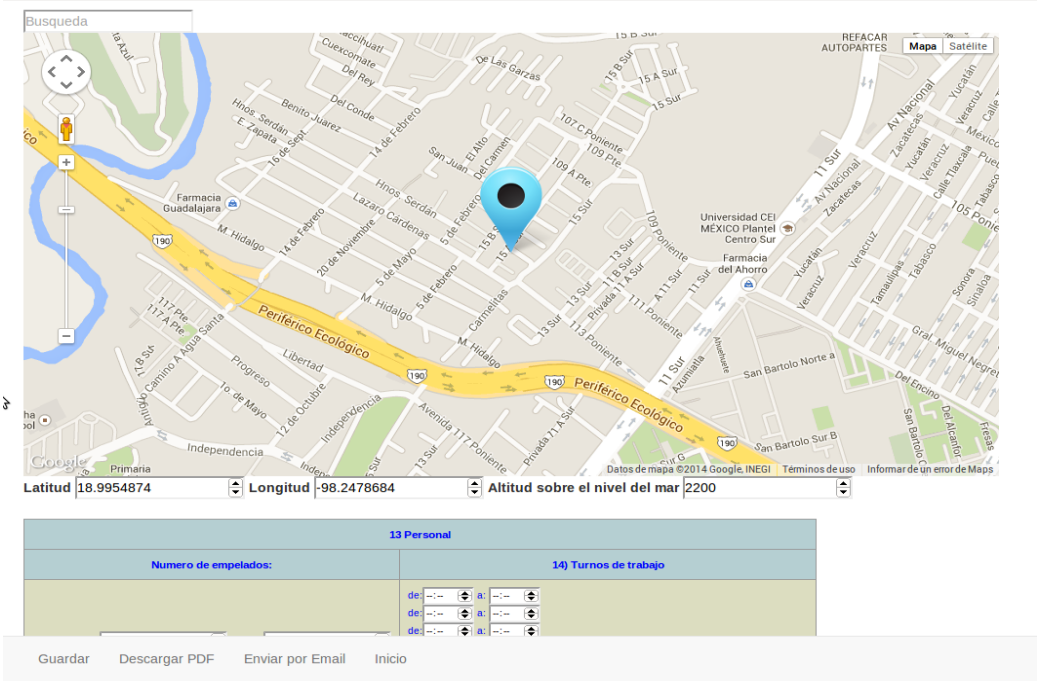
Figura 3.2 *Captura de la información.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

El sistema geolocaliza automáticamente el lugar en donde estamos llenando la Cédula de Operación Anual y nos proporciona la latitud y longitud (figura 3.3).

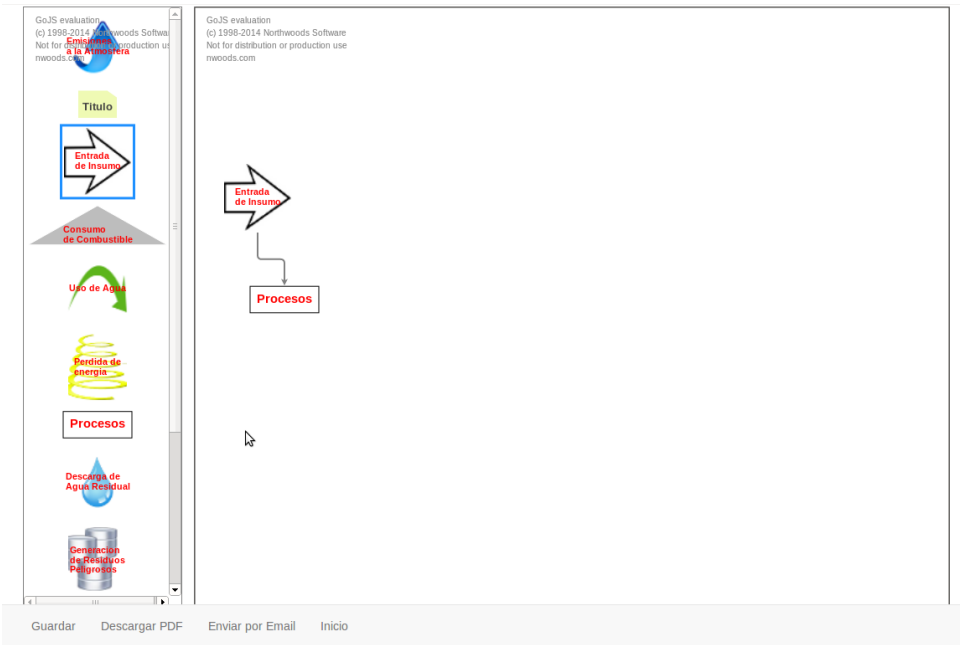
Figura 3.3 *Sistema de geolocalización automática.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Podemos realizar el layout (diagrama) de manera sencilla, arrastrando los elementos de la izquierda e interconectándolos unos con otros (figura 3.4).

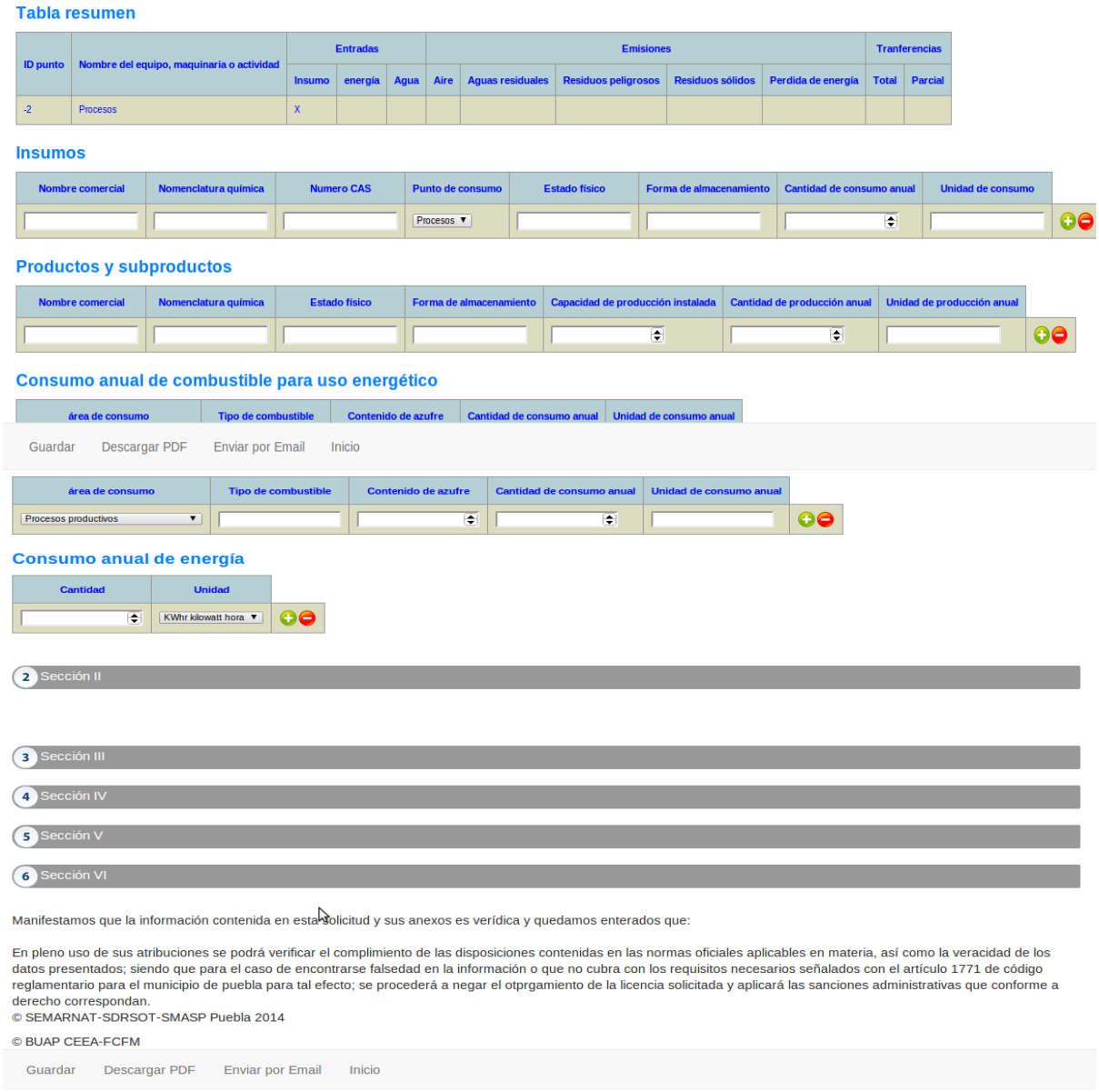
Figura 3.4 *Realización del layout.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

La interconexión de los elementos nos genera automáticamente la tabla resumen (figura 3.5).

Figura 3.5 *Tabla Resumen.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM - BUAP.*

3.5 Sistema de captura en fuentes fijas

Con el fin de agilizar, vigilar y tener certidumbre de los datos generados y capturados, se desarrollaron diversos sistemas que dan soporte y agilizan la captura de los datos. Estos sistemas se pueden utilizar sin necesidad de instalar algún software especial o plugin, ya que están desarrollados con tecnologías web estándares. A continuación, se describen dichos sistemas y el uso de cada uno.

Sistema de captura de fuentes fijas

El sistema de captura de fuentes fijas está diseñado para brindar la georreferenciación, este sistema está protegido por usuario y password. Se presenta a continuación la pantalla de login (figura 3.6).

Figura 3.6 *Pantalla de login.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

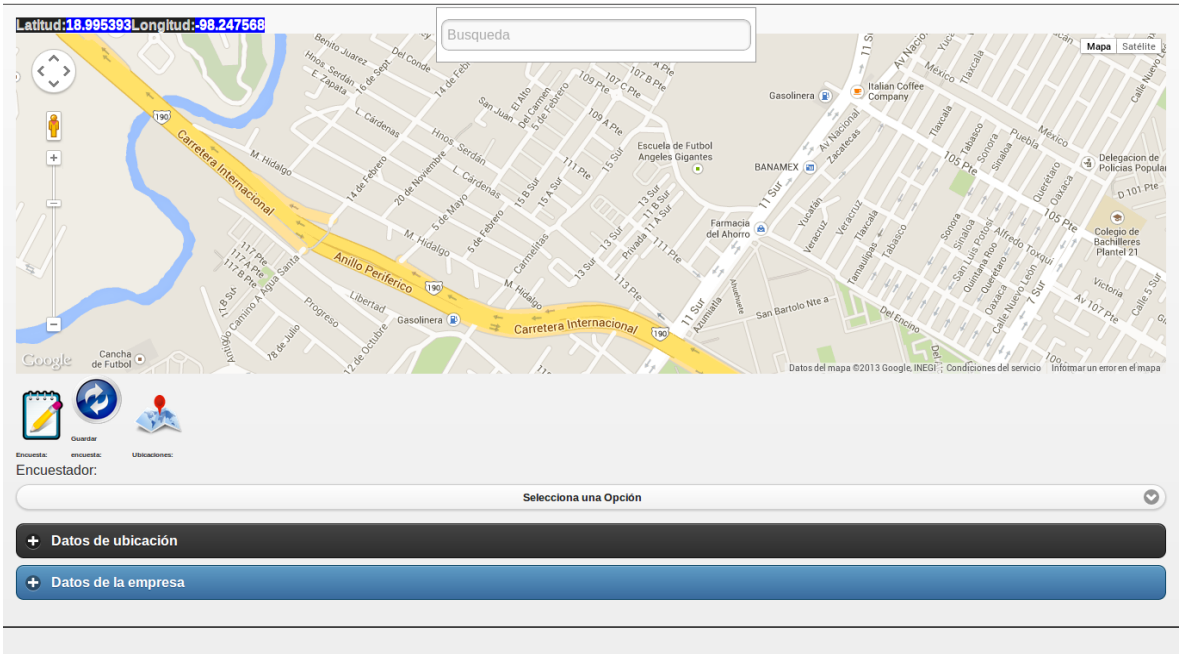
En esta pantalla se introduce el usuario y la contraseña proporcionada por el personal autorizado. Una vez que se ha autenticado exitosamente, la siguiente pantalla muestra las opciones de "captura" o "visualización de datos (RT)", (figura 3.7) si elegimos "captura", enseguida podemos ver que nos sale una pantalla mostrándonos el mapa de la ciudad de Puebla.

Figura 3.7 *Captura o Visualización de Datos.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM - BUAP.*

Podemos observar que hay una barra de "búsqueda", la cual nos ayudará a ubicarnos más fácilmente, basta con proporcionar el nombre de la calle o colonia (figura 3.8).

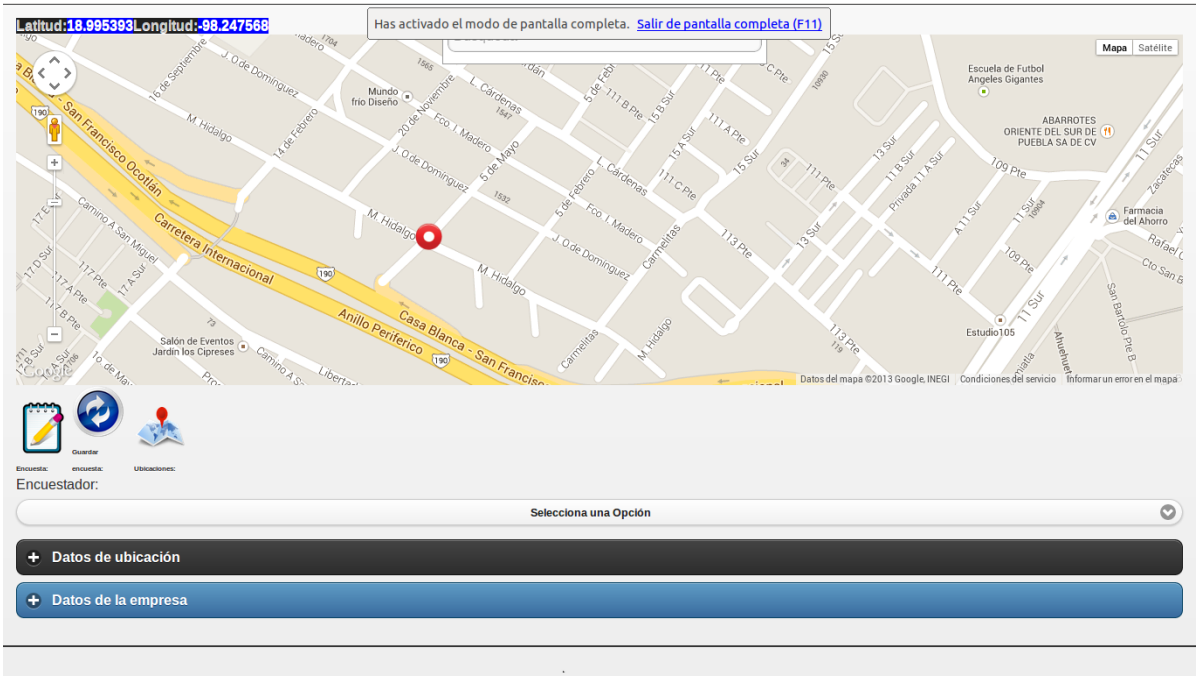
Figura 3.8 *Ubicación del sitio en el sistema.*

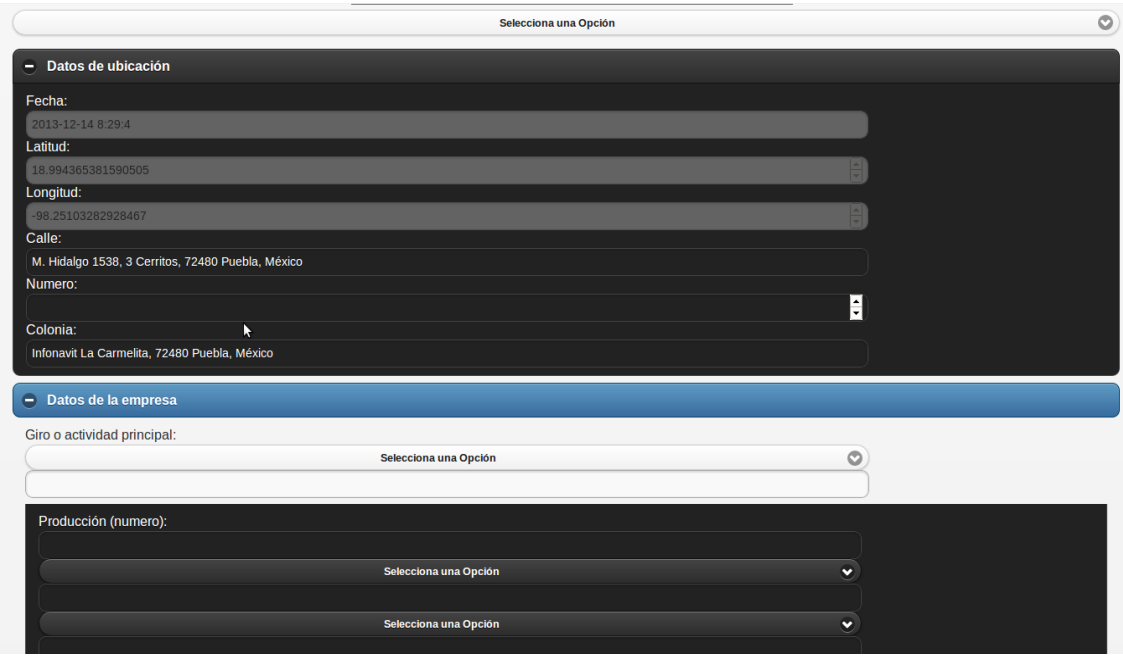


Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM -BUAP.*

Una vez ubicados procederemos a capturar y georreferenciar los datos, para ello encontramos la ubicación del comercio o servicio y damos doble click en el mapa el cual nos marcará la ubicación con un punto rojo, y nos dará la latitud, longitud y dirección, lo que nos resta por hacer es llenar los siguientes "Datos de la empresa" (figura 3.9).

Figura 3.9 *Apartado "Datos de la empresa".*





Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Una vez capturados los datos de la empresa procedemos al guardado, para ello damos click en el botón de la parte superior "Guardar encuestas", nos saldrá un *pop-up* de notificación diciéndonos que se guardaron exitosamente los datos.

3.6 Sistema de mapas e información

El sistema de mapas nos provee de distintos tipos de información (texto, imágenes, sonidos, mapas, etc.), por lo que en la pantalla principal podemos ver artículos de interés, clima actual, reporte IMECA, documentos en PDF, links de información, etc. Para acceder al sistema de mapas damos click en la parte superior al menú "mapas", el cual desplegará una pantalla con el mapa de la ciudad de puebla y al lado derecho algunas herramientas y capas de visualización (figura 3.10).

Figura 3.10 *Mapa con opciones de herramientas y capas de visualización.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Como primera opción podemos personalizar el tipo de mapa que deseamos ver, para lo cual hay que dar click en la pestaña superior ubicada dentro del mapa con el símbolo “+” (figura 3.11), el cual nos despliega los diferentes tipos de mapas, y podremos elegir el de nuestra preferencia.

Figura 3.11 *Personalización del tipo de mapa deseado.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM - BUAP.*

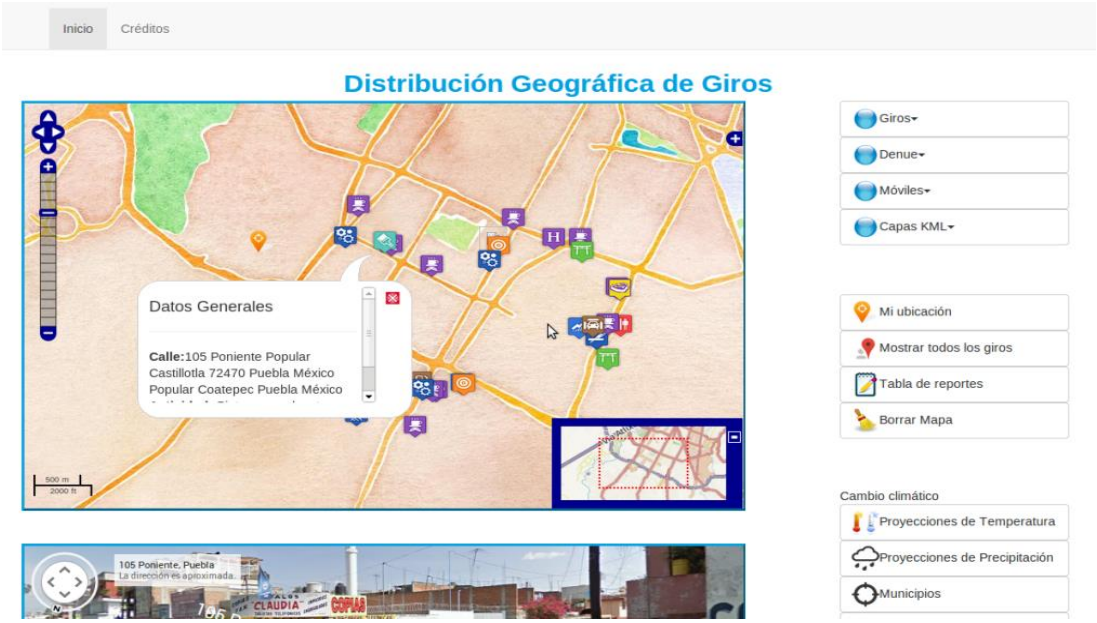
Después de personalizar el mapa podremos activar las distintas capas que se muestran al lado derecho del mapa, como primera opción de capa se nos muestran los establecimientos en el municipio de Puebla, para lo que solo hay que dar click y elegir la capa de nuestro interés. Una vez elegida podremos ver marcadores en el mapa y podremos a su vez dar click en cada marcador para desplegar la información del comercio o servicio; asimismo, si vamos más abajo podremos ver una foto en 360° a nivel calle de la selección (figura 3.12).

Figura 3.12 *Visualización 360° del sitio de interés.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Para determinar dónde estamos y que comercios hay cerca de nosotros tenemos la opción de "Determinar ubicación" (figura 3.13), el cual nos ubicará en el mapa con un icono distinto.

Figura 3.13 *Localización en el mapa.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM - BUAP.*

Para borrar los marcadores y datos solo basta con dar click en la opción de “Borrar Mapa”.

Consulta DENUE

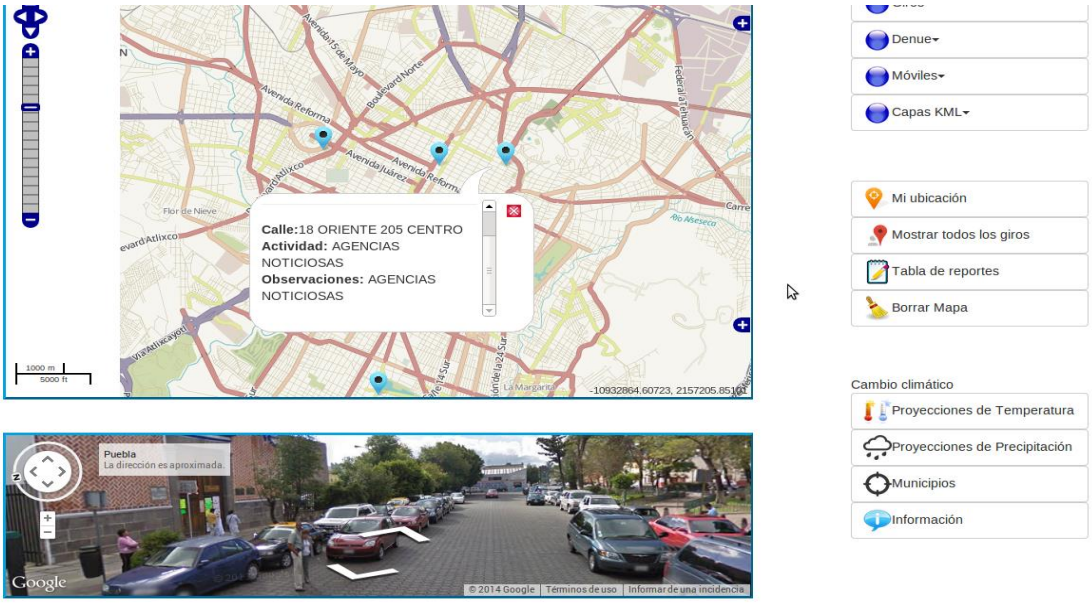
Además de los giros que se levantaron en las encuestas realizadas por la BUAP, se anexaron los del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI (DENUE), consultados en la pestaña denominada “DENUE” (figura 3.14).

Figura 3.14 *Apartado del DENUE.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM - BUAP.*

De la misma forma podemos graficar cada giro, uno por uno, con solo dar click (figura 3.15).

Figura 3.15 *Información por giro.*



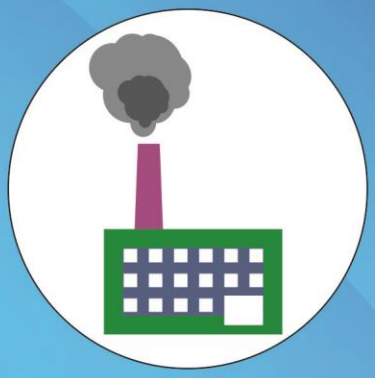
Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM - BUAP.*

Reporte IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire)

Se cuenta con una ventana que presenta los datos de calidad del aire proporcionados por la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico del Estado de Puebla. Se puede consultar el reporte del día hora por hora y por tipo de contaminante. Los colores de cada casilla nos indican las banderas IMECAS, asimismo, podemos ver explicaciones de las afectaciones a la salud de cada contaminante (figura 3.16).

Figura 3.16 *Repote del día.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – BUAP.*



4

Actualización del padrón de fuentes contaminantes del municipio de Puebla

4. Actualización del padrón de fuentes contaminantes del municipio de Puebla

4.1 Descripción general

La gran concentración de la población en el municipio de Puebla, demanda, a través de los servicios y comercios, un consumo considerable de energéticos para generar bienes. Esto produce emisiones contaminantes, que sumadas a las de origen doméstico, contribuyen de forma significativa a la contaminación urbana.

La complejidad de la contaminación del aire, requiere de planes estratégicos regionales detallados para identificar las fuentes de emisión, así como el desarrollo de líneas de acción para reducir el impacto sobre la salud ocasionado por la exposición a los contaminantes.

La herramienta para la actualización del padrón de fuentes de área, que se empleó para este inventario, fueron encuestas realizadas en cada uno de los establecimientos de acuerdo al giro necesario para el estudio.

4.2 Antecedentes

La recopilación de información es fundamental para la caracterización cualitativa y cuantitativa. En el aspecto cuantitativo existen diversas fuentes que permiten conocer o estimar el número de establecimientos que emiten contaminantes. En materia cualitativa se analiza el tipo de emisión derivada del combustible utilizado.

Por lo que respecta al presente proyecto, se identificaron aquellos establecimientos que tienen un potencial impacto sobre la atmósfera, enfocándose a los que cuentan con actividades que generan emisiones contaminantes al aire.

Para lo anterior, fue necesario realizar un trabajo en campo durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2013, en el cual se recorrió la zona urbana y semi-rural del municipio de Puebla, permitiendo la recopilación de una base de datos de fuentes de área y fuentes fijas que tienen un impacto potencial a la atmósfera.

Al respecto, existen otras fuentes de información que presentan datos sobre establecimientos que se ubican dentro del municipio de Puebla, lo que permite un análisis comparativo entre los mismos.

Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).[10]

Una importante fuente de información es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que cuenta con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el cual para el municipio de Puebla contabiliza al año 2013, un universo de 81 mil 11 establecimientos.

Los establecimientos que se encuentran en la base de datos, se seleccionan en función de la actividad económica, el tamaño y el área geográfica. Todo ello hace del DENUE una herramienta de apoyo muy útil para la toma de decisiones, tanto en el ámbito público como en el privado.

Sistema de Información empresarial Mexicano (SIEM).[11]

[10] *INEGI - DENUE*

Otra base de datos es el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) de la Secretaría de Economía del Gobierno Federal; la que, debido a que no existían bases de datos consolidadas, en 1996 se dio a la tarea de instrumentar y desarrollar un sistema de información empresarial denominado SIEM, integrando un registro completo de las empresas existentes desde una perspectiva de promoción, accesible a confederaciones, autoridades, empresas y público en general, vía internet.

El SIEM tiene como objetivo suministrar información oportuna y confiable sobre las características y ubicación de los establecimientos y actividades productivas de comercio, servicios, turismo e industria en el país, sirviendo ésta como referencia para la identificación de oportunidades comerciales y de negocios para cualquier individuo nacional y extranjero.

De igual manera, permite a las empresas identificar y promover nuevas oportunidades de negocio al contar con un sistema de información público, con información individual sobre las empresas, con cobertura nacional y de fácil acceso.

Por otra parte, resulta importante mencionar que en México se cuenta con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) que tiene por objetivo proporcionar un marco único, consistente y actualizado para la recopilación, análisis y presentación de estadísticas de tipo económico, que refleje la estructura de las actividades económicas.

El SCIAN México es la base para la generación, presentación y difusión de todas las estadísticas económicas del INEGI. Su adopción por parte de las unidades del Estado, permite homologar la información económica del país, y con ello contribuir a la región de América del Norte. Las unidades económicas que tienen procesos de producción o funciones de producción similares, están clasificadas en el mismo género de actividad porque las categorías están delimitadas, hasta donde es posible, de acuerdo con las diferencias en los procesos de producción.

Las clasificaciones sirven como un lente a través del cual se observa y organiza la información. El SCIAN es único entre las clasificaciones de actividades económicas, porque es construido con base en un marco conceptual consistente.

Con base en este marco se produce información que facilita tales análisis, con la información que nos brinda el SCIAN se obtiene un mejor panorama para la selección de los establecimientos a encuestar y definir los giros de interés para nuestro padrón.

4.3 Alcance

La actualización permanente de fuentes, en este caso establecimientos en el municipio de Puebla, es fundamental para la adecuada elaboración de políticas de prevención y control de la calidad del aire, ya que éstas son potenciales generadores de emisión a la atmósfera. Ello permitirá identificar problemáticas que deben ser modificadas o reguladas por las instancias correspondientes, observando siempre la legislación y normatividad aplicables en la materia.

La contaminación del ambiente, en especial el aire, resulta de una compleja mezcla de miles de fuentes que van desde las chimeneas industriales y los vehículos automotores, hasta los

[11] Secretaría de Economía - SIEM

establecimientos que proveen a la población de un servicio o un bien. En este capítulo se recopilan los datos de las fuentes de área, obtenidos de encuestas realizadas en el municipio de Puebla.

4.4 Selección de giros a encuestar

Las actividades antropogénicas son diversas, por lo que un análisis y evaluación eficiente requiere de una adecuada clasificación de las mismas. Existen diversas clasificaciones de giros en el ámbito económico, de donde parten la mayoría de las bases de datos elaborados por instancias como lo son el INEGI o las cámaras empresariales. Las herramientas brindadas por las instancias antes mencionadas, se conciliaron con la clasificación establecida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en materia de inventarios de emisiones a la atmósfera por fuentes de área.

Con base en lo anterior, se identificaron en campo todas las fuentes que generan emisiones a la atmósfera, independientemente de su competencia. Lo que permitió elaborar una clasificación de giros municipales. A continuación se presenta esta clasificación:

Tabla 4.1 *Clasificación de giros que generan emisiones a la atmósfera.*

Clasificación de giros		
Asados al carbón	Gasolineras	Panaderías
Baños públicos	Hojalatería y pintura automotriz	Pizzerías
Bloqueras	Hoteles	Restaurant y fondas
Ferreterías y tlapalerías	Lavandería y tintorería	Rosticerías
Fritangas	Materiales pétreos	Talleres
Gaseras	Molinos	Tortillerías

A continuación se describen las razones que hacen de los giros antes mencionados, fuentes potenciales de emisiones a la atmósfera.

Asados al carbón: Comprende aquellos establecimientos que utilizan carbón vegetal o leña, para la cocción de carnes en una parrilla u horno. Las emisiones procedentes de los asadores regularmente son fugitivas pero también los hay con campana de extracción de gases.

Baños Públicos: Establecimientos que ofrecen el servicio de vapor y agua caliente para aseo personal. Estos establecimientos cuentan con calderas para calentamiento de agua y generación de vapor, así como con chimeneas para la emisión de los gases de combustión.

Bloqueras: Se dedican a la fabricación de blocks y adoquines, cuya manufactura ocasionan emisiones de manera indirecta.

Ferreterías y tlapalerías: Establecimientos que además de ofrecer herramienta y material en venta, ofrecen solventes que almacenan en cantidades considerables, mismas que generan emisiones fugitivas de vapores que escapan a la atmósfera.

Fritangas: Engloba a todos aquellos establecimientos cuya actividad principal consiste en freír algún alimento utilizando comúnmente parrillas, trompos, comales, cazos, entre otros, y que utilizan como combustible gas, carbón vegetal, leña, etc. Las emisiones de este giro son en su mayoría fugitivas dado que no cuentan con ductos para su evacuación adecuada.

Gaseras: Se refiere a aquellas estaciones donde se realiza la venta de gas, ya sea para carburación automotriz o para consumidores del sector doméstico o comercial. En éstas estaciones se producen pérdidas de gas que se convierten en emisiones fugitivas a la atmósfera.

Gasolineras: Son las estaciones de servicio de Pemex donde se realiza la venta de gasolina y diésel para vehículos automotores. En estos establecimientos, las pérdidas de combustible se convierten en emisiones fugitivas de vapores a la atmósfera.

Hojalatería y pintura automotriz: Comprende aquellos servicios de pintado, repintado y reparación/modificación de chasis de vehículos automotores. En éstas actividades es común el empleo de solventes para la aplicación de pintura, las emisiones son fugitivas.

Hoteles: Establecimientos cuya principal actividad es brindar hospedaje, también cuentan con cocinas propias al interior de los mismos, y con calderas para el calentamiento de agua destinada a las habitaciones.

Lavandería y tintorería: Los servicios de tintorerías y lavados en seco emplean solventes para el tratamiento de las prendas, lo que deriva en la emisión de vapores a la atmósfera. También emplean gas para la generación de vapor para el planchado.

Materiales pétreos: Materiales obtenidos de canteras o minas, como el mármol y el ónix. Su extracción y proceso puede provocar la emisión de material particulado (polvos) capaces de superar las barreras físicas del organismo, llegando a introducirse en los bronquios. Las emisiones son fugitivas.

Molinos: Establecimientos donde se realiza la molienda del nixtamal para preparar la masa que se distribuye para la producción de tortillas de maíz, tamales, frituras, tostadas, totopos y muchos otros. Estos establecimientos utilizan combustible para el cocimiento del maíz.

Panaderías: Utilizan gas LP o natural como combustible para la cocción del pan, algunos establecimientos cuentan con horno de piedra donde los gases de combustión se emiten a través de una chimenea, o en horno tipo gaveta, en cuyo caso las emisiones son fugitivas.

Pizzerías: Utiliza principalmente el gas LP o natural como combustible, en algunos casos emplean leña para la cocción de los alimentos. El equipo más utilizado es el horno de gaveta o de piedra, las emisiones se realizan por medio de chimeneas o como emisiones fugitivas.

Restaurantes y fondas: Establecimientos dedicados a la venta de alimentos para su consumo en el mismo local donde se preparan. Estos establecimientos hacen uso de gas LP o natural para la preparación de alimentos.

Rosticerías: Son aquellos establecimientos donde se asan pollos. Las rosticerías emplean mayoritariamente gas LP en el funcionamiento de sus equipos, las emisiones suelen estar dirigidas hacia una chimenea.

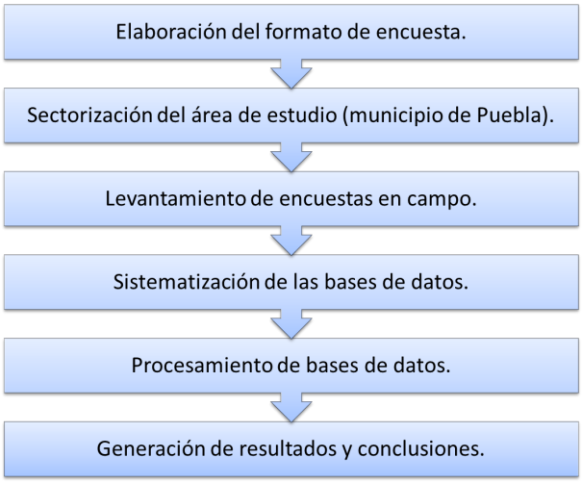
Talleres: Engloba a herrerías y carpinterías. Sus equipos incluyen plantas de soldadura autógena (de oxiacetileno) y eléctrica, cortadoras, generadores portátiles, taladros, etc. Sus emisiones se deben al consumo energético de sus equipos así como a la quema de electrodos, acetileno y al uso de grasas y solventes.

Tortillerías: Hacen uso de gas LP en la mayoría de los establecimientos, los equipos que utilizan para la elaboración de las tortillas son la tina de cocción y la maquina tortilladora. En el caso de tortillas artesanales utilizan un comal a gas. En ambos casos las emisiones son mayormente fugitivas y no cuentan con ductos o chimeneas.

4.5 Métodos

Para el desarrollo y actualización del presente padrón, se generó el siguiente método:

Figura 4.1 *Procedimiento de obtención de información mediante encuestas.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

a) Elaboración del formato de encuesta

El uso de un cuestionario para reunir datos de emisiones de fuentes puntuales no es nuevo en México. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ha recabado datos de fuentes puntuales con esta técnica por varios años.

También se puede usar el método de encuesta para reunir la información necesaria para calcular las estimación de número de fuentes de área o para desarrollar factores de emisión específicos para una región o un giro determinado que sirvan para hacer ciertas estimaciones de emisiones de fuentes de área. La realización de una encuesta debe considerar los datos necesarios para la ubicación del establecimiento, así como los procesos existentes a fin de recabar la información requerida para determinar sus emisiones a la atmósfera y ubicarla en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

A continuación se deben diseñar los cuestionarios. El grado de éxito de una encuesta depende de que sea clara y concisa, de su apego al objetivo planteado, así como de su facilidad de uso. Además, las respuestas deben sujetarse a revisiones para el aseguramiento y control de calidad, esto con el fin de que los datos inválidos no influyan en los resultados finales.
Para la realización de las encuestas se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Definir los objetivos de la encuesta.
- Identificación de las fuentes de emisión y los establecimientos a encuestar.
- Diseño de la encuesta conforme al objetivo planeado.

El objetivo de la elaboración de la encuesta se determinó con base en los objetivos generales del proyecto, unos de los cuales fue recabar información directa desde la fuente emisora, por ello es necesario llevar a cabo el trabajo de campo donde personal capacitado visite los establecimientos. La encuesta se elaboró de tal manera que proporcionara información básica, sin dejar de contener los campos necesarios que nos permitieran identificar los establecimientos que generan emisiones a la atmósfera y al mismo tiempo poder generar los factores de emisión en algunos giros de nuestro interés (tabla 4.2).

Tabla 4.2 *Datos contenidos en la encuesta.*

Apartado	Campo	Objetivo
Datos generales	Fecha	Llevar un control del número de encuestas que se realizaron por día e Identificar al personal que realizó la encuesta.
	Folio	
	Encuestador	
Ubicación	Latitud	Contar con la información necesaria para realizar el sistema de información geográfica que nos permita identificar de manera rápida y práctica la ubicación por cada uno de los giros encuestados.
	Longitud	
	Calle	
	Número	
	Colonia	
Datos de operación del establecimiento	Giro o actividad principal	Identificar la principal actividad del establecimiento de acuerdo con el producto ofrecido al cliente. Solicitando al mismo tiempo su producción por día, semana o mes.
	Producción/frecuencia	
	Materia prima	Conocer el insumo principal, así como la cantidad usada por día, semana o mes.
	Cantidad/frecuencia	
	Combustible	Conocer los principales combustibles utilizados por los servicios y comercios del municipio de Puebla, así como el consumo por día, semana o mes.
	Consumo/frecuencia	
	Energía eléctrica	Conocer el consumo de energía eléctrica por establecimiento.
	Pago/frecuencia	
	Equipo	Identificar los principales equipos utilizados por cada uno de los giros y si cuentan con una salida conducida.
	Tipo de emisión	
Observaciones	En este apartado se anota información adicional que pueda ser útil para comprender y validar el resto de la información recabada en la encuesta.	

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Figura 4.2 *Modelo de encuesta empleada para el levantamiento de información.*

SEMARNAT – SDRSOT – SMASP - BUAP

ENCUESTA A ESTABLECIMIENTOS

FUENTES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN EL MUNICIPIO DE PUEBLA

Fecha: _____ **Folio:** _____

UBICACIÓN		
Latitud:		
Longitud:		
Calle:		
Número:		
Colonia:		
DATOS DE LA EMPRESA		
Giro o actividad principal:	Producción /frecuencia:	Venta /frecuencia:
Materia prima:	Cantidad /frecuencia:	
Combustible:*	Consumo /frecuencia ($/Lts/kg):	
¿Utiliza energía eléctrica para el proceso? (Sí/No)	Pago / frecuencia ($):	
Equipo:	Fuente de emisión:	
Observaciones ambientales (vertidos o derrames, residuos , ruido, descargas de agua, residuos peligrosos, olores):		

*Gas LP (**LP**), gas natural (**GN**), combustóleo (**CB**), gasóleo (**GO**), diáfano (**DF**), diésel (**DI**), gasolina (**GA**), leña/madera/aserrín (**LM**), carbón (**CA**), residuos combustibles (**RC**), otros (**especificar**).

Realizado por: _____

b) Levantamiento de encuestas en campo

Previo a la recopilación de información en campo, se impartió una capacitación al equipo de trabajo sobre el levantamiento de encuestas, se entregó a los encuestadores un uniforme para facilitar su identificación con los responsables de los establecimientos (figura 4.3).

Lo anterior fue reportado como de gran utilidad ya que mejoró la recepción de la encuesta por parte de los responsables de los establecimientos, permitió obtener mayor confianza de los mismos y, por consiguiente, mejorar la calidad de la información recabada.

Figura 4.3 *Equipamiento de trabajo para el levantamiento de encuestas en campo.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Con el fin de optimizar la organización de los equipos de encuestadores, con antelación era emitida una notificación por correo electrónico del área donde se realizaría el levantamiento de información, también se hacía un aviso indicando los puntos de reunión al inicio y al final de la jornada, donde también se realizaba la integración de los equipos previamente designados y su polígono correspondiente, además recibían información adicional sobre la zona en caso de ser necesaria (figura 4.4).

Figura 4.4 *Mapa de reunión.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Se hizo hincapié en evitar el traslape de áreas para suprimir la duplicidad de puntos mediante un sistema de monitoreo y supervisión continuas de las rutas y ubicaciones de los encuestadores, también mediante la entrega de mapas donde se resaltaban los límites de sus polígonos respectivos y los polígonos de equipos vecinos (figura 4.5).

Figura 4.5 *Mapa delimitación de recorridos por equipos.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Las encuestas se realizaron en los establecimientos para recabar información sobre sus características principales. Para la adecuada realización de las encuestas del sector privado, es necesario contar con todas las autorizaciones administrativas requeridas conforme a las regulaciones federales y estatales. Asimismo, recopilar las listas de distribución de diversas fuentes (figura 4.6).

Figura 4.6 *Levantamiento de encuestas en campo.*

Fuente: *Foto tomada por CEEA-FCFM-BUAP.*

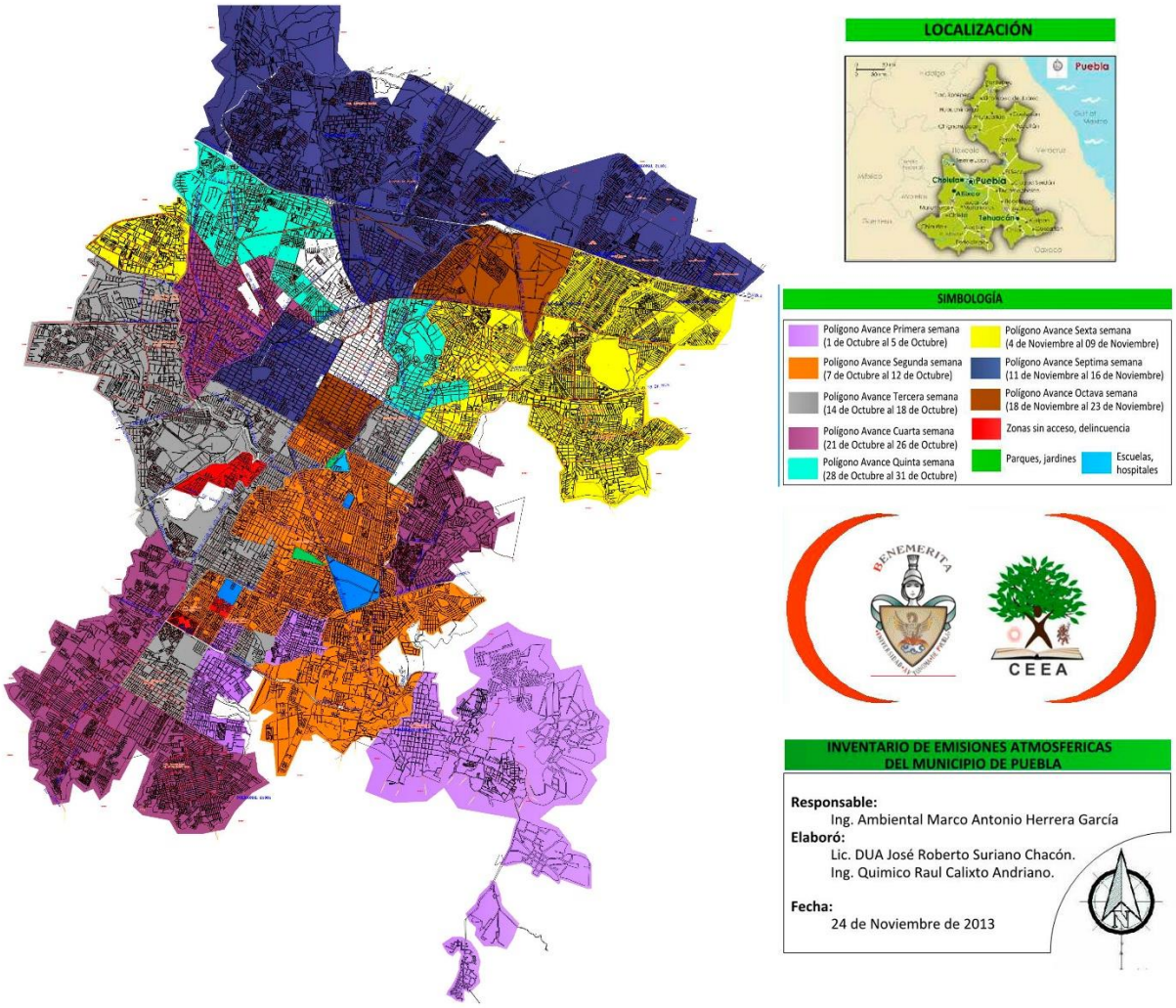
Para las fuentes de área, se debe planear la manera en que la información reunida a través de la encuesta será escalada para hacer el inventario de toda la región, dado que es probable que el diseño de la encuesta cubra sólo una muestra de todas las fuentes y es poco factible que se tenga una tasa de respuesta del 100 por ciento. Por lo anterior, resulta necesario identificar una actividad sustituta razonable, de ser necesario, y planear la recopilación de dicha información en la encuesta.

c) Sectorización del área de estudio (municipio de Puebla)

Ya que el municipio de Puebla comprende un área muy extensa y con una traza compleja en su mayoría, se dividió en regiones con el fin de facilitar el levantamiento de encuestas, tomando como límites a las vialidades principales y a su vez cada región se subdividió en zonas para su consiguiente asignación a los equipos de encuesta (figura 4.7).

Los polígonos así obtenidos sirvieron para optimizar el despliegue de los encuestadores en campo y facilitar el tratamiento de la información.

Figura 4.7 *Regiones para el levantamiento de encuestas.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

d) Sistematización de la base de datos

Para la captura de la información recopilada en las encuestas, se desarrolló una plataforma en web, de tal forma que el personal pudiera desde cualquier ubicación vaciar los datos de las encuestas. De igual manera, se podía realizar la captura de datos desde cualquier dispositivo móvil o fijo mientras se realiza la encuesta, lo que facilitó de manera importante la conformación de la base de datos generales, así como la visualización en sistema de información geográfica (SIG), así como su despliegue con diversos filtros.

e) Control de calidad y procesamiento de la bases de datos

Para asegurar la calidad y confiabilidad de la base de datos se tomaron en cuenta los siguientes criterios de validación:

Tabla 4.3 *Control de calidad y validación de la base de datos.*

Criterio	Actividad
Suficiencia de datos	Realizar un análisis cuantitativo de la base de datos general con respecto a la cantidad de campos con información y los campos con faltantes, con la finalidad de identificar la representatividad de las encuestas realizadas.
Identificación de giros	Del 100% de las encuestas (7,414) se estudiaron los giros reportados y se determinaron los giros de competencia municipal, descartando todos aquellos que no caen dentro de la regulación local. Una vez realizado este análisis quedó una muestra de 7,295 encuestas.
Estandarización de la base de datos	Para alcanzar el mayor nivel posible de uniformidad y estandarización de datos en toda la población en estudio, se realizaron las conversiones para homologar los datos y poder realizar las correlaciones necesarias. Entre la información procesada se encuentra por ejemplo el consumo de combustibles, el cual era proporcionado en diferentes unidades (litros, kg, gasto, etc.). De igual manera en el caso de la producción, la información contenía diversas unidades como pieza, kg, charolas, venta por día, semana o mes, etc.
Datos consistentes	Se realizó un análisis cualitativo de la información proporcionada por cada uno de los responsables de los establecimientos encuestados, No obstante cabe señalar que la información proporcionada quedaba a criterio del informante o encuestado. De esta validación se descartó información ilógica de correlaciones como giro y tipo de combustible declarado, consumo de combustible y producción, giro y equipo utilizado, etc. Una vez finalizado el análisis quedó una muestra de 5,315 encuestas con datos confiables.
Análisis estadístico	Una vez estandarizada la base de datos se realizó un análisis estadístico para cada una de las variables encontradas. Para el caso de los giros a los que se les calculó el factor de emisión y la eficiencia de operación se realizó una serie estadística adicional como el cálculo de percentiles para descartar los datos extremos que pueden afectar la confiabilidad de los resultados.

Fuente: *Elaboración propia CEEA –FCFM –BUAP.*

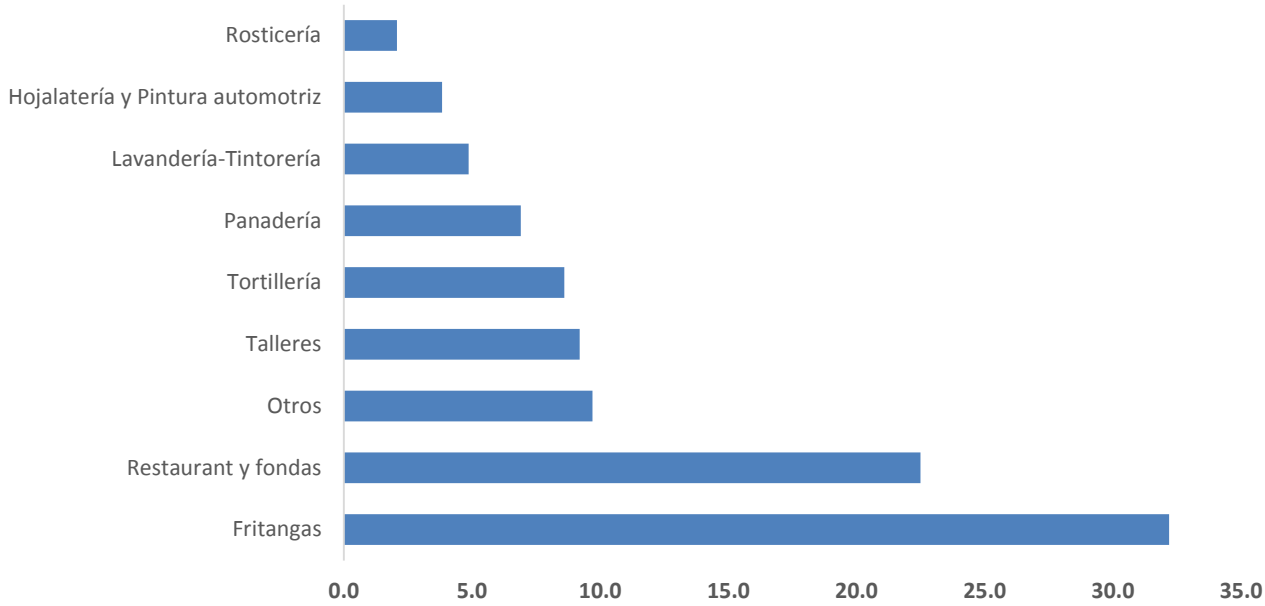
En este sentido, resulta importante mencionar que para el análisis estadístico se consideraron las encuestas que pasaron el filtro de validación y control de calidad. Fundamentando el análisis con las encuestas que proporcionan información confiable y útil para el cumplimiento del objeto del presente estudio, como es la identificación de los giros municipales, así como de combustibles utilizados y la elaboración de factores de emisión.

4.6 Resultados

Se obtuvo información en el municipio de Puebla de 5,303 encuestas. Una vez procesado todo lo anterior, se obtuvieron bases de datos, una caracterización cualitativa y cuantitativa de los establecimientos; de donde se desprenden gráficas, mapas, tablas, etc. y por supuesto, conclusiones que permiten la elaboración de líneas de acción.

El giro de fritangas es el más ampliamente distribuido en el municipio de Puebla (32.2%) debido a la demanda de alimentos fuera de casa por parte de la población, seguido de restaurantes y fondas con un 22.5%, así como talleres en general (los cuales integran herrería, carpintería y talleres mecánicos) con un 9.2%. En menor proporción encontramos tortillerías, panaderías y tintorerías con 8.6%, 6.9% y 4.9% de aportación respectivamente (figura 4.8).

Figura 4.8 *Porcentaje de distribución de servicios y comercios en el municipio de Puebla.*

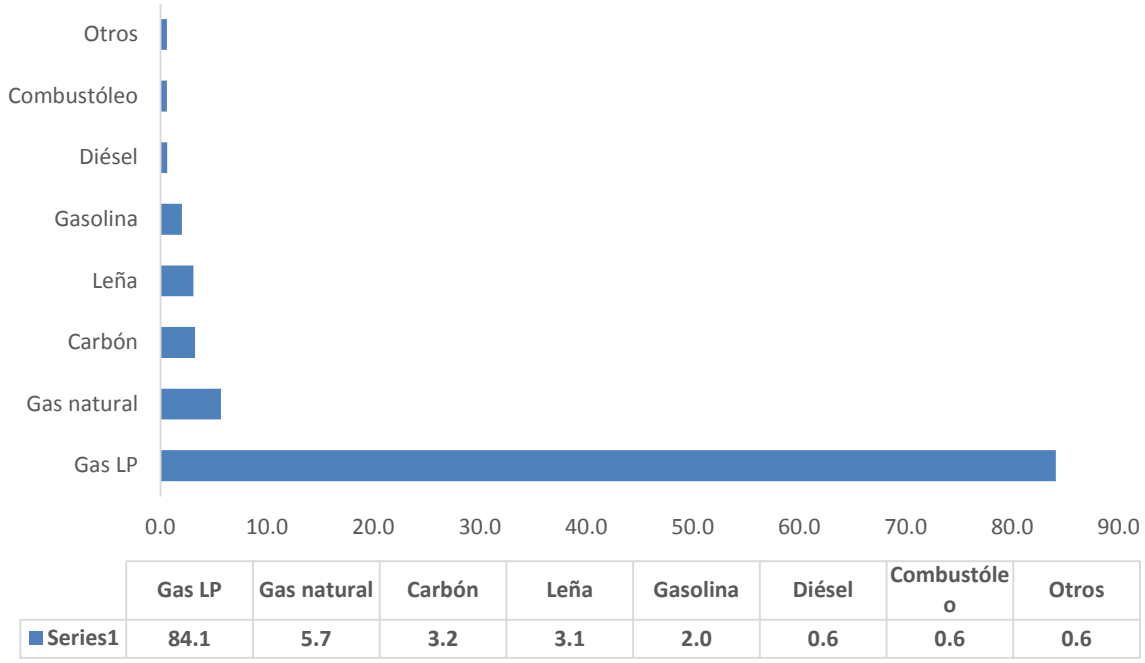


	Fritangas	Restaurant y fondas	Otros	Talleres	Tortillería	Panadería	Lavandería-Tintorería	Hojalatería y Pintura automotriz	Rosticería
Series1	32.2	22.5	9.7	9.2	8.6	6.9	4.9	3.8	2.1

Fuente: *Elaboración propia con datos de encuestas de campo CEEA –FCFM –BUAP.*

En lo que se refiere a los combustibles utilizados por los servicios y comercios en Puebla, estos en su mayoría emplean gas LP con un 84.1% de aportación y emisiones fugitivas principalmente. Otros combustibles utilizados en menor proporción son gas natural, carbón, leña, gasolina, diésel y combustóleo (figura 4.9).

Figura 4.9 *Consumo de combustibles por servicios y comercios en el municipio de Puebla (%).*



	Gas LP	Gas natural	Carbón	Leña	Gasolina	Diésel	Combustóleo	Otros
Series1	84.1	5.7	3.2	3.1	2.0	0.6	0.6	0.6

Fuente: *Elaboración propia con datos de encuestas de campo CEEA –FCFM –BUAP.*

Análisis por tipo de combustible

A continuación se describen los giros municipales agrupados de acuerdo al tipo de combustible que consumen. Donde podemos observar que en cuando al gas LP los principales giros que utilizan este combustible son Fritangas (39.6%), seguido en menor proporción por los restaurantes (27.5%), las Tortillerías (11.7%) y panaderías (7.9%), el porcentaje faltante es consumido por el resto de los giros encontrados en el municipio de Puebla. El segundo combustible más utilizado es el Gas Natural, el cual se consume principalmente por los restaurant y fondas, seguido del giro de fritangas. (Figura 4.10 y 4.11).

Figura 4.10 *Consumo de gas LP.*

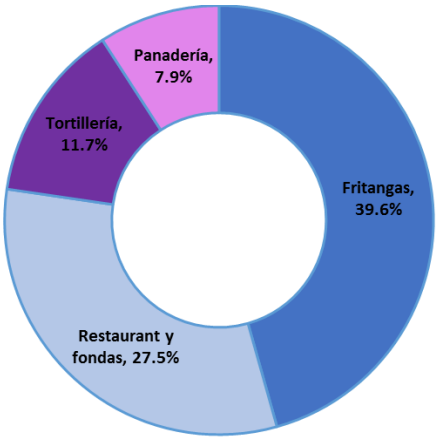
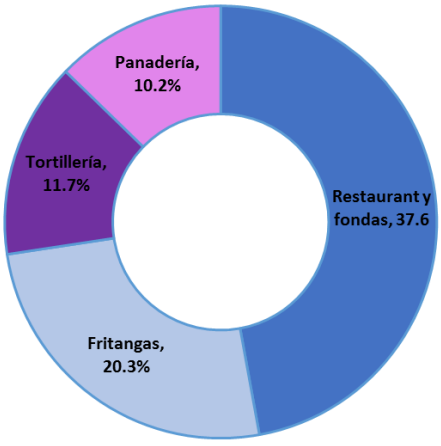


Figura 4.11 *Consumo de Gas Natural.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de encuestas de campo CEEA –FCFM –BUAP.*

En lo que respecta al combustóleo, los baños públicos son los principales consumidores de este combustible. Para el caso del diésel, los talleres en general consumen en su conjunto del 91.8% (figura 4.12 y 4.13).

Figura 4.12 *Consumo de combustóleo.*

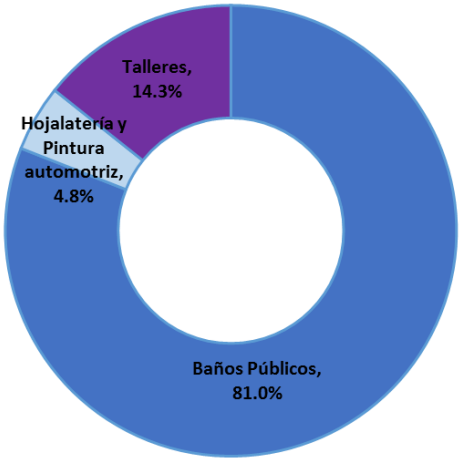
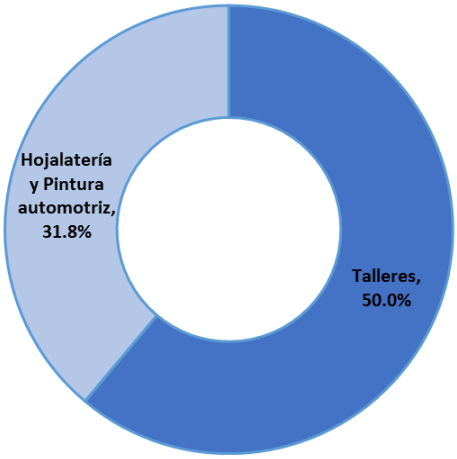


Figura 4.13 *Consumo de diesel.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de encuestas de campo CEEA –FCFM –BUAP.*

El giro de fritangas es quien ocupa la mayor cantidad de carbón en su proceso de cocción de alimentos con un 53.6% de consumo, seguido de los asados al carbón con un 20.5%. Algo similar ocurre con el consumo de leña donde a estos dos giros se les incorpora el de rosticerías, estos tres giros en conjunto consumen el 70.1% de la leña utilizada (figura 4.14 y 4.15).

Figura 4.14 *Consumo de carbón.*

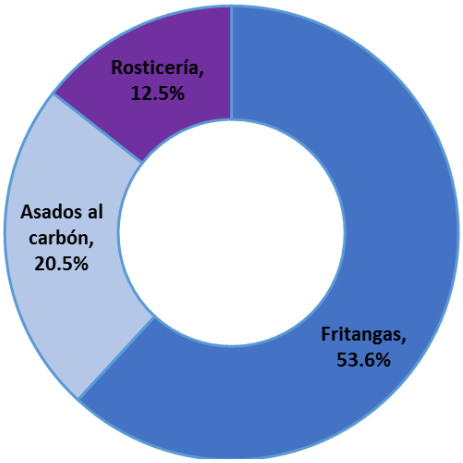
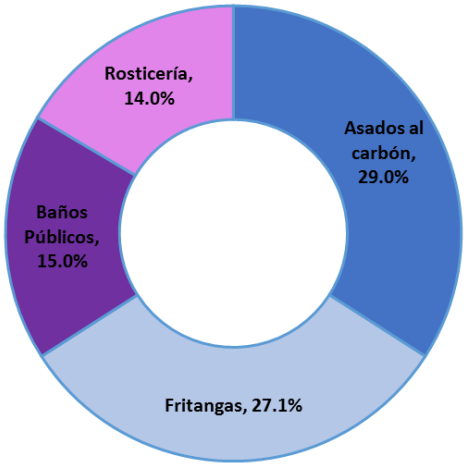


Figura 4.15 *Consumo de leña.*



Fuente: *Elaboración propia con datos de encuestas de campo CEEA –FCFM –BUAP*

En resumen se analizaron 5,315 encuestas en el municipio de Puebla, encontrando 18 giros principales y que de acuerdo con la distribución se encuentra una mayor saturación de los mismos en la región norte y centro del municipio de Puebla. El giro de fritangas es el de mayor distribución, seguido de restaurant, talleres, tortillerías y panaderías. El combustible más utilizado para cubrir las necesidades energéticas de los servicios y comercios del municipio de Puebla es el gas LP, seguido del gas natural, carbón y leña.

5

Inventario de emisiones

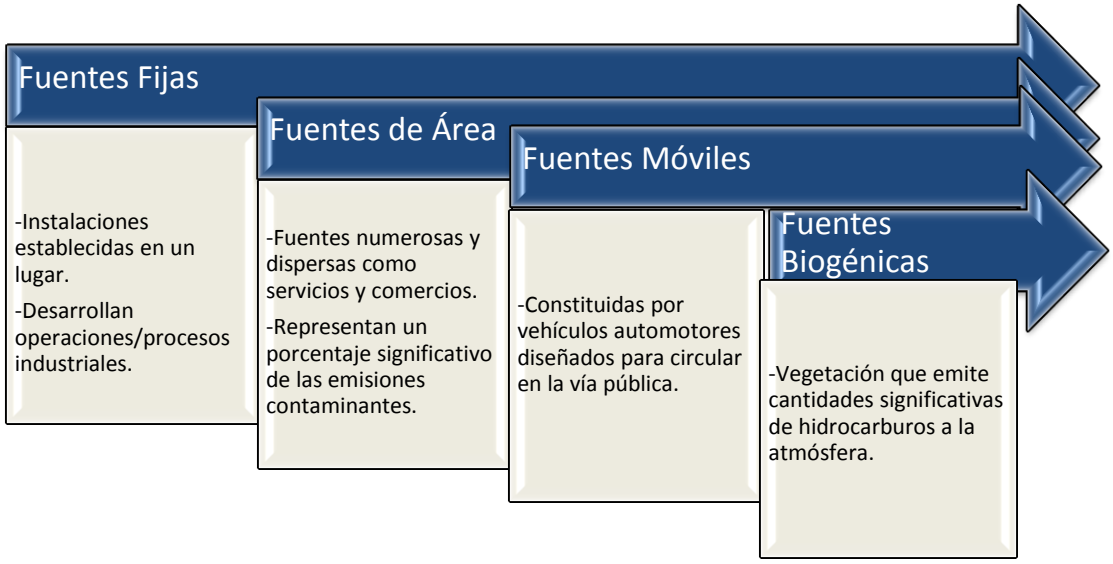
5. Inventario de emisiones

5.1 Antecedentes

Los contaminantes presentes en el aire son el resultado de una gran cantidad y diversidad de fuentes emisoras. En zonas urbanas como es el municipio de Puebla, tienen un origen antropogénico, no obstante, también existen fuentes de origen natural, pero en menor escala. Los contaminantes se presentan en forma de gases, aerosoles y material particulado. Entre los gaseosos encontramos a los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV´s), entre otros. En referencia al material particulado, éste considera a los sólidos presentes en el aire que se clasifican en partículas suspendidas totales, partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 micras, y partículas suspendidas de diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micras.

El presente Inventario del municipio de Puebla está elaborado para el año base 2011, por lo que todas las emisiones fueron calculadas con estas consideraciones. En este sentido, las emisiones se agruparon en las cuatro fuentes, mismas que se presentan a continuación.

Figura 5.1 *Fuentes del inventario de emisiones a la atmósfera.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA – FCFM – BUAP.*

Los contaminantes considerados para este inventario son los denominados "*contaminantes criterio*", para los que existen normas de calidad del aire en función de sus efectos e impactos a la salud de la población y la capacidad de establecer criterios de regulación y control:

- Partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 y 2.5 micras (PM 10 y PM 2.5);
- Bióxido de azufre (SO_2);
- Monóxido de carbono (CO);
- Óxidos de nitrógeno (NO_x);
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) y
- Amoniaco (NH_3).

Método de cálculo

Para la elaboración del presente inventario se tomó como base el método descrito por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) y la Western Governors' Association, que describen los procedimientos a seguir para las categorías y subcategorías de cada una de las fuentes del inventario de emisiones a la atmósfera.

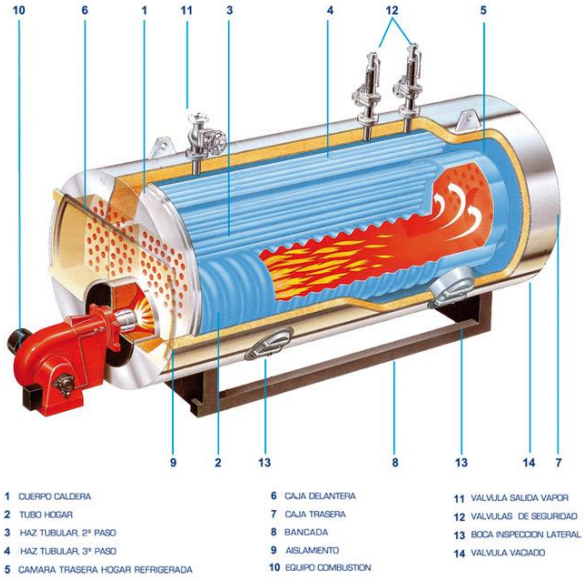
Para el análisis de las fuentes, existen metodologías específicas, las cuales consideran niveles de actividad y factores de emisión, algunos de ellos acoplados a las condiciones particulares de México. Es importante mencionar, que para el caso de fuentes de área y móviles se generaron factores de emisión y datos de actividad en campo. Los factores de emisión se determinaron con base a encuestas realizadas en todo el municipio de Puebla y los datos de actividad vehicular mediante el desarrollo de sensores instalados en unidades del transporte público y privado.

Descripción de fuentes

Fuentes fijas:

Las constituyen las industrias y sus emisiones. Son producidas principalmente por los procesos de combustión necesarios para generar energía o vapor. Dependen de la composición de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento de equipos y de la utilización de equipos de control al final del proceso (filtros, precipitadores, lavadores de gases, entre otros). Los principales contaminantes generados en la combustión son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido y monóxido de carbono, así como hidrocarburos. En este tipo de fuentes se generan además emisiones por proceso, las cuales dependen del giro de la empresa y las operaciones necesarias para la fabricación del producto final.

Figura 5.2 *Imagen de una caldera utilizada en la industria.*



Fuente: *SOGECAL, Zaragoza.es. 2012.*

Fuentes de área:

Las fuentes de área son demasiado numerosas y al mismo tiempo dispersas para ser incluidas como fuentes fijas. Sin embargo, de manera colectiva y en volumen son emisores significativos de contaminantes al aire. Asimismo tienen esta denominación en función de que muchas de ellas no cuentan con una salida conducida o puntual. Estas fuentes también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. A diferencia de las fuentes fijas que distinguen las emisiones de los establecimientos individuales y los equipos emisores, los inventarios de fuentes de área colocan a las emisiones de fuentes similares dentro de diversas categorías.

Figura 5.3 *Imagen de una panadería en Puebla.*

Fuente: *Milenio (sección negocios), 2013.*

Fuentes móviles:

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tales como vehículos automotores. La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil particular, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV´s).

Figura 5.4 *Aforo vehicular en la Ciudad de Puebla.*

Fuente: *Foto CEEA, 2013.*

Fuentes naturales:

Este tipo de fuentes son los volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos se les denomina emisiones biogénicas. Las emisiones incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono, compuestos nitrogenados y azufrados.

Tabla 5.1 *Contaminantes de origen natural.*

Fuente	Contaminantes
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Fuegos forestales	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas
Vendavales	Polvo
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, polen
Plantas (en descomposición)	Metano, sulfuro de hidrogeno
Suelo	Virus, polvo
Mar	Partículas de sal

Fuente: INECC, 2013.

5.2 Inventario de emisiones

A continuación se presenta el inventario de emisiones del municipio de Puebla, año base 2011, clasificado por tipo de fuente y emisiones anuales (tabla 5.2).

Tabla 5.2 *Inventario de emisiones por fuente.*

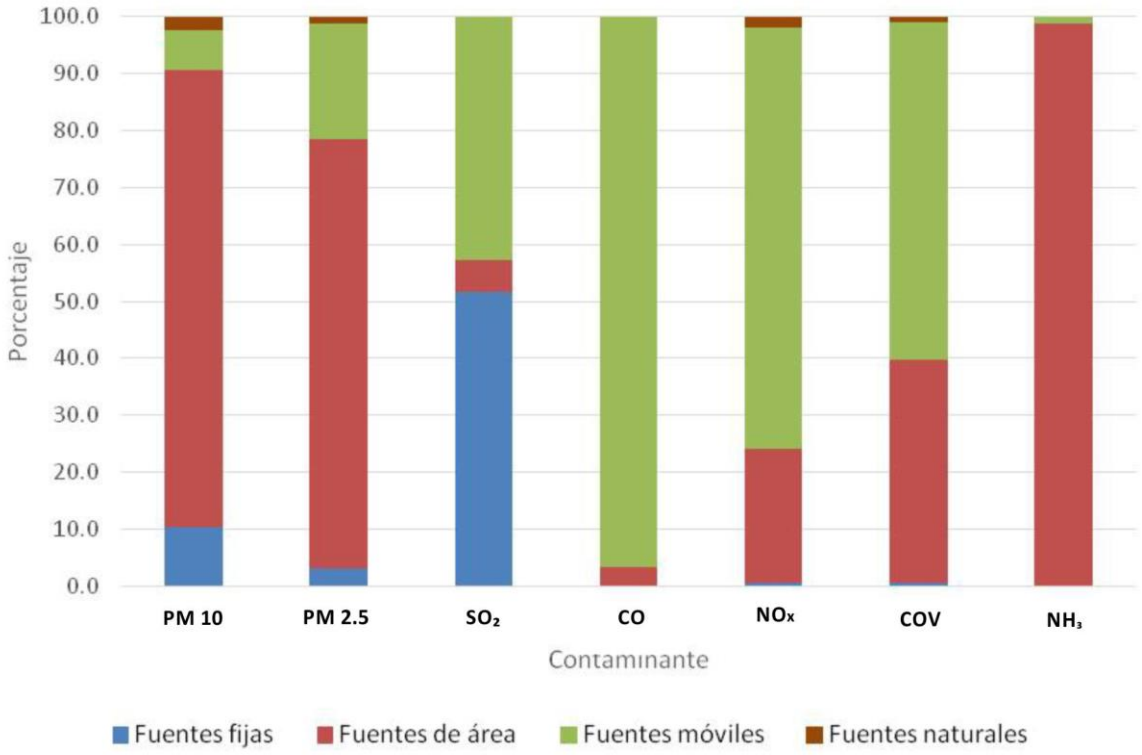
Fuente	Toneladas al Año						
	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Fijas	1,210.3	98.0	694.3	289.0	156.7	341.7	5.6
Área	9,453.8	2,287.6	74.5	17,976.8	7,422.1	26,453.3	26,294.1
Móviles	812.5	617.8	576.5	537,105.8	23,095.4	40,104.3	321.4
Naturales	289.29	35.75	n/a	n/a	589.5	667.7	n/a
Totales	11,765.9	3,039.1	1,345.2	555,371.5	31,263.6	67,567.0	26,621.1

n/a: no aplica.

Fuente: *Elaboración propia CEEA - BUAP.*

De acuerdo con la tabla anterior, las fuentes móviles generan la mayor cantidad de emisiones a la atmósfera del municipio de Puebla; seguidas por las fuentes de área y en menor proporción las fuentes fijas y naturales. En la gráfica siguiente se presentan las aportaciones por contaminante y por fuente.

Figura 5.5 *Contribución porcentual de emisiones por fuente.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA-BUAP.*

De acuerdo con la figura 5.5, se puede observar que las fuentes fijas son las que emiten en una proporción considerable SO_2, proveniente de la quema de combustibles fósiles utilizados para cubrir la demanda de energía en los procesos industriales. Con respecto a las fuentes de área son las principales emisoras de partículas (PM 10 y PM 2.5), así como en las emisiones de NH_3, generando además COV´s y NO_x en una proporción considerable.

Las fuentes móviles son las principales responsables de las emisiones de CO, NO_x y COV´s, generadas por la dinámica vehicular dentro del municipio de Puebla, donde influyen en gran medida el parque vehicular, la velocidad de circulación y la composición de los combustibles que se distribuyen dentro del municipio.

A continuación se presenta el inventario de emisiones por categorías y subcategorías (tablas 5.3 - 5.7).

Tabla 5.3 *Inventario de emisiones fuentes fijas.*

Fuentes Fijas							
Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Automotriz	182.62	0.17	64.15	68.58	9.40	4.05	0.46
Celulosa y papel	1.52	0.00	25.02	0.84	1.18	0.00	0.06
Cemento y cal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	0.00	0.00	0.00	0.62	1.34	22.20	0.00
Fabricación de artículos y productos de plástico.	521.98	0.00	16.78	3.35	25.77	44.16	0.14
Fabricación de artículos y productos metálicos	36.78	0.00	0.26	74.27	17.38	0.30	0.02
Industria alimenticia	5.88	95.14	113.01	34.15	38.09	0.01	0.84
Industria textil	102.94	2.66	453.17	96.22	50.10	0.00	0.71
Petróleo y petroquímica	0.30	0.02	6.86	0.44	1.34	208.45	1.83
Pinturas y tintas	0.30	0.00	0.00	4.60	0.00	9.89	0.00
Producción de asfalto y mezclas para pavimentación	290.89	0.00	5.88	0.42	0.00	0.00	0.02
Química	53.35	0.00	0.04	0.70	3.06	19.17	0.68
Otros	13.73	0.01	9.13	4.77	9.01	33.46	0.00
Total Fuentes fijas	1,210.30	98.02	694.31	288.96	156.67	341.70	5.56

Las cifras que aparecen en **"0.00"** representan cantidades menores a centésimas.

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Tabla 5.4 *Inventario de emisiones fuentes móviles.*

Fuentes Móviles							
Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Autobuses de transporte urbano	226.83	206.86	136.31	62,469.53	3,980.61	3,207.11	8.14
Autos particulares (tipo sedán)	146.02	88.77	138.61	229,896.09	5,508.70	18,058.25	206.12
Camionetas de transporte público de pasajeros (Combis)	1.68	0.85	1.80	1,394.88	74.90	128.74	5.75
Camionetas Pickup	14.71	9.63	13.27	20,200.12	418.34	1,468.26	11.37
Microbuses	27.07	20.80	23.36	17,631.77	806.15	1,078.83	7.93
Motocicletas	7.48	4.15	0.60	5,259.01	143.47	570.95	2.04
Taxis	31.88	19.30	30.48	50,649.70	1,214.00	3,974.73	45.53
Tracto-camiones	99.58	88.47	52.54	4,053.70	2,687.92	858.28	2.52
Vehículos privados y comerciales con peso <3 Toneladas (SUV)	49.45	40.65	34.08	17,513.64	536.30	1,654.47	9.47
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 Toneladas	207.80	138.31	145.41	128,037.36	7,725.00	9,104.68	22.54
Total Fuentes móviles	812.50	617.79	576.46	537,105.80	23,095.41	40,104.30	321.41

Las cifras que aparecen en **"0.00"** representan cantidades menores a centésimas.

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Tabla 5.5 *Inventario de emisiones fuentes de área.*

Fuentes de Área							
Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Aguas residuales	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	4,025.00	n/a
Aplicación de fertilizantes	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15,666.00
Aplicación de plaguicidas	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	137.10	n/a
Artes gráficas	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	647.90	n/a
Asados al carbón	119.20	95.10	n/a	237.30	4.40	32.00	n/a
Asfaltado	499.40	n/a	n/a	6,000.00	2,800.00	950.00	n/a
Baño públicos	34.65	29.87	43.68	72.12	63.30	4.75	n/a
Corrales de engorda	167.03	19.07	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Deportivos y balnearios	0.44	n/a	0.10	1.95	14.14	0.54	n/a
Emisiones domésticas amoniaco	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,863.90
Emisiones ganaderas amoniaco	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	8,738.00
Esterilización material hospitalario	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1.40	n/a
Fuentes domésticas	161.16	138.93	16.74	10,348.60	4,431.85	9,317.47	n/a
Hospitales	0.42	n/a	0.09	1.87	13.58	0.52	n/a
Incendios en construcciones	0.30	0.30	n/a	5.50	0.10	0.30	n/a
Incendios forestales	3.86	3.29	6.70	58.00	1.70	10.10	7.00
Labranza	8,297.30	1,839.50	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Lavado en seco	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	218.90	n/a
Limpieza de superficies Industriales (desengrasado)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2,120.20	n/a
Manejo de gas LP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	4,853.00	n/a
Panaderías	0.18	n/a	0.39	0.78	5.62	106.60	n/a
Pintado automotriz	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	248.80	n/a
Pintura para señalización vial	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	16.30	n/a
Quemas agrícolas	169.20	161.50	6.50	1,212.60	47.80	114.20	19.20
Recubrimiento de superficies Arquitectónicas	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,197.50	n/a
Recubrimientos superficies industriales	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	446.70	n/a
Terminales de autobuses	0.00	0.00	0.10	35.00	17.30	3.20	0.00
Tintorerías	0.02	n/a	0.00	0.07	0.52	0.02	n/a
Tortillerías	0.68	n/a	0.15	3.00	21.75	0.83	n/a
Total Fuentes de área	9,453.82	2,287.56	74.45	17,976.79	7,422.06	26,453.32	26,294.10

Las cifras que aparecen en **"0.00"** representan cantidades menores a centésimas, **n/a**: no aplica.

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Tabla 5.6 *Inventario de emisiones fuentes naturales.*

Fuentes Naturales							
Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Biogénicas	289.29	35.75	n/a	n/a	589.50	667.70	n/a
Total Fuentes naturales	n/a	n/a	n/a	n/a	589.50	667.70	n/a

n/a: no aplica.

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Tabla 5.7 *Total Inventario de emisiones por categorías.*

Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Total inventario	11,476.63	3,003.37	1,345.22	555,371.55	31,263.64	67,567.02	26,621.07

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que las emisiones de PM 10 son generadas principalmente por las actividades de labranza agrícola en un 72.3%, seguida en menor proporción por el asfaltado y la fabricación de artículos y productos de plástico.

Respecto a las PM 2.5, la labranza agrícola es la principal fuente de emisión. Otras fuentes importantes son los vehículos automotores y las quemas agrícolas, las cuales en conjunto aportan el 73.5% de las emisiones. En cuanto a las emisiones de SO_2, estas provienen en mayor proporción por la industria textil con 33.7% (por los combustibles utilizados), contribuyendo también las fuentes móviles con un 21%.

Las emisiones de CO provienen principalmente de las fuentes móviles, en especial de las categorías de vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas y autobuses de transporte urbano, las cuales en su cuales en su conjunto generan el 75.7%.

Con respecto al NO_x, sobresalen las emisiones generadas por las fuentes móviles y las fuentes domésticas, que aportan aproximadamente el 57% de las emisiones totales. Caso similar ocurre para los COV´s, que aportan el 54% del total. Finalmente, el 98% de las emisiones de NH_3 provienen de tres fuentes principales: aplicación de fertilizantes, emisiones ganaderas de amoniaco y emisiones domésticas de amoniaco.

5.3 Inventario de emisiones detallado por tipo de fuente

5.3.1 Fuentes fijas

El inventario del municipio de Puebla consideró un total de 124 empresas, de las cuales 102 son reguladas por la Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial (SDRSOT) y 22 reguladas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En la tabla 5.8 se muestran los principales sectores industriales encontrados en el municipio de Puebla, entre los cuales se destaca la industria textil con un 32.3%, seguida de la industria alimenticia y la automotriz. Para el caso del giro “otros”, se encuentran incluidos hospitales, tratamiento de aguas y distribución de combustibles, entre otros.

Tabla 5.8 *Número de empresas por sector.*

Sector	No. de empresas	Porcentaje (%)
Industria textil	40	32.3
Otros	20	16.1
Industria alimenticia	14	11.3
Automotriz	12	9.7
Fabricación de artículos y productos metálicos	8	6.5
Fabricación de productos y artículos de plástico	6	4.8
Producción de asfalto	6	4.8

Petróleo y petroquímica	5	4.0
Química	5	4.0
Pinturas y tintas	3	2.4
Cemento y cal	2	1.6
Fabricación de artículos de cartón o papel	2	1.6
Celulosa y papel	1	0.8

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA, datos de la SDRSOT.*

Principales combustibles utilizados

Desde los inicios de la industria en Puebla, se han utilizado principalmente combustibles derivados del petróleo. En el mayor número de los casos es el combustóleo, y en otros casos se utilizan diferentes materiales (residuos de tela, aserrín, leña). A través de los años los combustibles utilizados fueron variando dependiendo del precio del petróleo, sin embargo, algunas industrias migraron a combustibles como gas LP. A principios del año 2000 se inició con una red suministradora de gas natural en el municipio de Puebla. Lo anterior permitió un cambio en el uso de combustibles tanto por la industria como para la población en general. A continuación se presentan las emisiones por contaminante y por giro industrial.

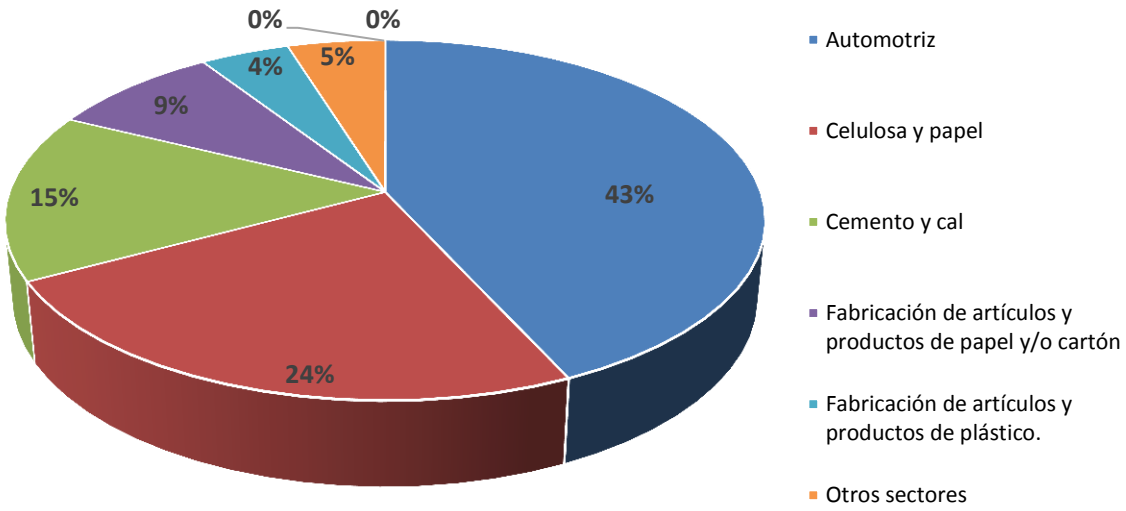
Tabla 5.9 *Inventario de emisiones de fuentes fijas.*

Fuentes Fijas							
Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Automotriz	182.62	0.17	64.15	68.58	9.40	4.05	0.46
Celulosa y papel	1.52	0.00	25.02	0.84	1.18	0.00	0.06
Cemento y cal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79
Fabricación de artículos y productos de papel y/o cartón	0.00	0.00	0.00	0.62	1.34	22.20	0.00
Fabricación de artículos y productos de plástico.	521.98	0.00	16.78	3.35	25.77	44.16	0.14
Fabricación de artículos y productos metálicos	36.78	0.00	0.26	74.27	17.38	0.30	0.02
Industria alimenticia	5.88	95.14	113.01	34.15	38.09	0.01	0.84
Industria textil	102.94	2.66	453.17	96.22	50.10	0.00	0.71
Petróleo y petroquímica	0.30	0.02	6.86	0.44	1.34	208.45	1.83
Pinturas y tintas	0.30	0.00	0.00	4.60	0.00	9.89	0.00
Producción de asfalto y mezclas para pavimentación	290.89	0.00	5.88	0.42	0.00	0.00	0.02
Química	53.35	0.00	0.04	0.70	3.06	19.17	0.68
Otros	13.73	0.01	9.13	4.77	9.01	33.46	0.00
Total Fuentes fijas	1,210.30	98.02	694.31	288.96	156.67	341.70	5.56

Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

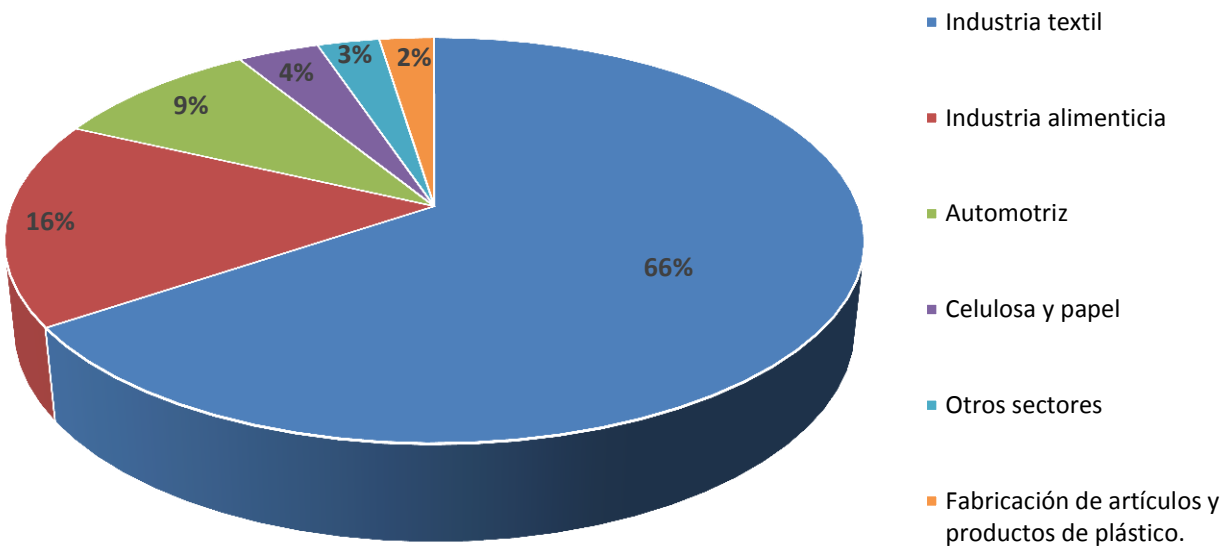
De manera general, se puede identificar que las fuentes industriales generan en mayor proporción partículas menores a 10 micras, seguido de las emisiones de SO_2 (debido al uso de combustibles fósiles con alto contenido de azufre en su composición) y compuestos orgánicos volátiles.

Figura 5.6 *Distribución porcentual de emisiones de PM 10 en fuentes fijas, por sector de emisión.*



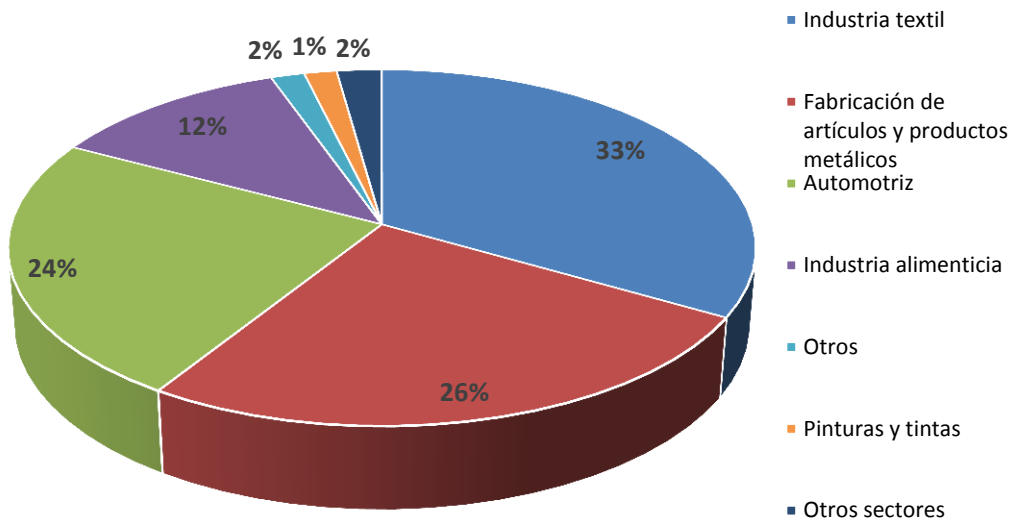
Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Figura 5.7 *Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes fijas, por sector de emisión.*



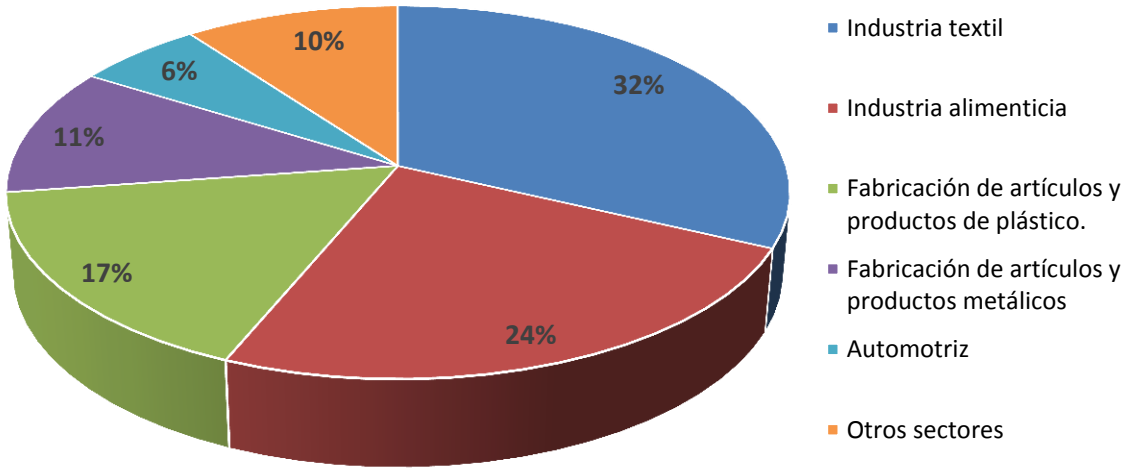
Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Figura 5.8 *Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes fijas, por sector de emisión.*



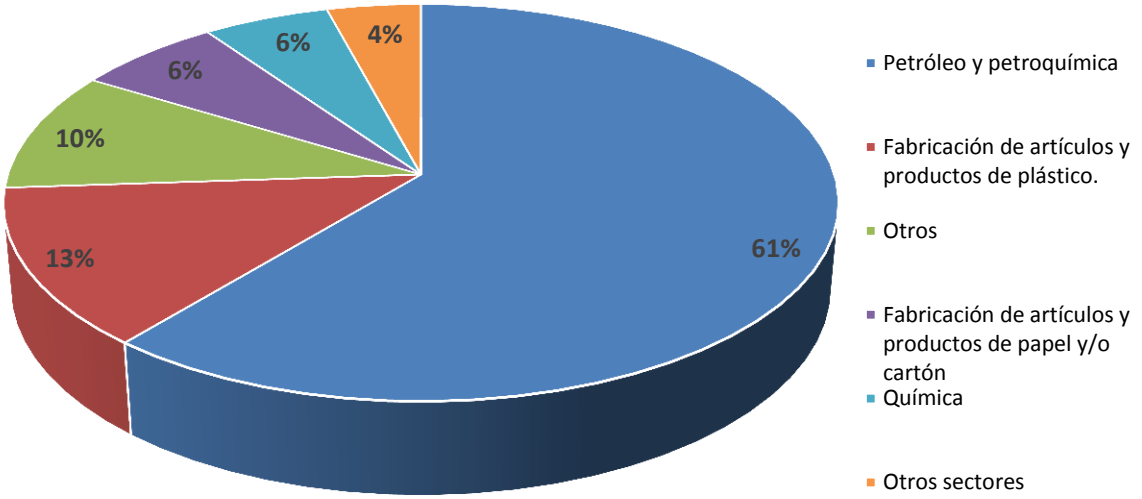
Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Figura 5.9 *Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes fijas, por sector de emisión.*



Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

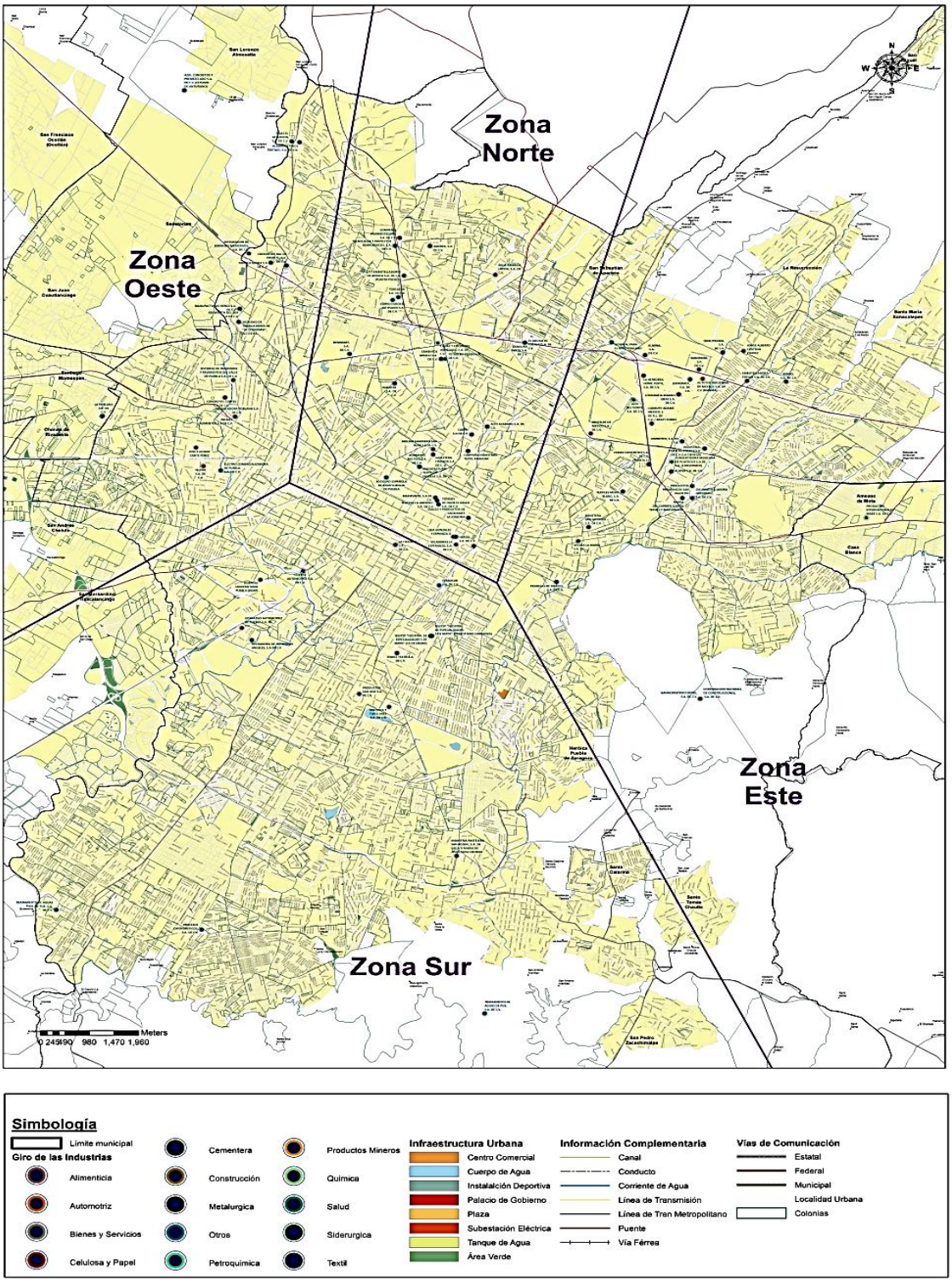
Figura 5.10 *Distribución porcentual de emisiones de COV en fuentes fijas, por sector de emisión.*



Fuente: *Elaboración propia BUAP – FCFM – CEEA.*

Georreferenciación de fuentes fijas

Figura 5.11 *Distribución geográfica de industrias en el municipio de Puebla.*



Fuente: *Elaboración DIRCACC - SDRSOT, 2013.*

5.3.2 Fuentes de área

Las fuentes de área son demasiado numerosas para ser incluidas como fuentes fijas. Sin embargo son emisoras significativas de contaminantes al aire y dichos contaminantes deben ser incluidos en un inventario de emisiones.

A continuación se presenta el inventario de fuentes de área para el municipio de Puebla; el año base de este inventario es 2011. El dominio geográfico para este inventario es el del municipio de Puebla incluyendo Juntas Auxiliares.

Tabla 5.10 *Subcategorías de fuentes de área.*

Subcategoría	Contaminantes criterio								Gases de efecto invernadero		
Fuentes de área	**PM 2.5**	**PM 10**	**SO_x**	**NO_x**	**CO**	**COV´s**	**NH_3**	**Pb**	**CH_4**	**CO_2**	**N_2O**
Actividades de construcción	√	√									
Almacenamiento y distribución de GLP						√					
Aplicación de fertilizantes y pesticidas						√					
Artes gráficas						√	√				
Asfaltado						√					
Bancos de material	√	√				√					
Combustión agrícola	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Combustión comercial	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Combustión doméstica (incluye biomasa)	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Combustión industrial	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Corrales de engorda de ganado							√		√		
Distribución de combustibles						√			√		
Emisiones domésticas de amoniaco							√				
Emisiones ganaderas de amoniaco							√		√		
Erosión eólica		√					√		√		
Esterilización en hospitales						√					
Incendios de estructuras arquitectónicas	√	√	√	√	√	√			√	√	
Incendios forestales y quemas agrícolas	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Labranza y cosecha agrícola	√	√									
Ladrilleras	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Lavado en seco de ropa						√					
Limpieza de superficies en la industria						√					
Panaderías			√	√	√	√			√	√	
Patios de ferrocarril	√	√	√	√	√	√			√	√	
Pintado de carrocerías						√					
Pintura para señalización vial						√					
Polvo de caminos pavimentados y no pavimentados	√	√									
Quema de residuos a cielo abierto	√	√	√	√	√	√			√	√	√
Recubrimiento de superficies .arquitectónicas						√					
Recubrimiento de superficies. en la industria						√					
Rellenos sanitarios									√		
Terminales de autobuses y camiones	√	√	√	√	√	√			√	√	
Tortillerías	√	√	√	√	√	√			√	√	
Tratamiento de aguas residuales						√			√	√	
Uso comercial y doméstico de solventes						√					
Venta ambulante de alimentos	√	√	√		√	√			√	√	

Fuente: *SEMARNAT – 2010.*

Categorías de fuentes

Para el inventario se evaluaron 38 subcategorías de fuentes de área, sin embargo, para el caso específico del inventario en el municipio de Puebla, no se incluyen, por no aplicar, algunas subcategorías. Las emisiones se reportan en forma anual en este inventario y se incluyen algunas fuentes como las emisiones en rellenos sanitarios y la quema de basura a cielo abierto.

El inventario de fuentes de área consiste de las siguientes categorías:

- Combustión en fuente estacionaria (ej., combustión doméstica)
- Fuentes móviles que no circulan por carreteras (ej., trenes y equipo móvil)
- Uso de solventes (ej., operaciones de recubrimiento de superficies)
- Almacenamiento, transporte y distribución de productos (ej., gasolina)
- Fuentes industriales ligeras y comerciales.
- Agricultura (ej., corrales de engorda, quema agrícola)
- Manejo de residuos (ej., rellenos sanitarios)
- Fuentes de área misceláneas (*i.e.* incendios forestales, erosión eólica, caminos no pavimentados).

Las subcategorías están relacionadas con emisiones originadas por actividades específicas principalmente de servicios y algunas actividades domésticas

Técnicas utilizadas para la determinación de emisiones

Las emisiones contaminantes del aire provenientes de fuentes de área se calcularon a través de diferentes técnicas de estimación de emisiones; que varían de acuerdo con la categoría de fuente y de la disponibilidad de los datos.

La disponibilidad de los datos está relacionada con las fuentes de información, ya que pueden ser obtenidos directamente por el generador cuando éste tiene equipos o micro procesos que generan contaminantes a la atmósfera que pudieran considerarse como fuentes puntuales, pero que por lo regular son equipos pequeños en los que la información puede ser proporcionada a través de cédulas de operación o reportes requeridos (en empresas de servicio como hospitales, baños públicos, clubes deportivos etc.).

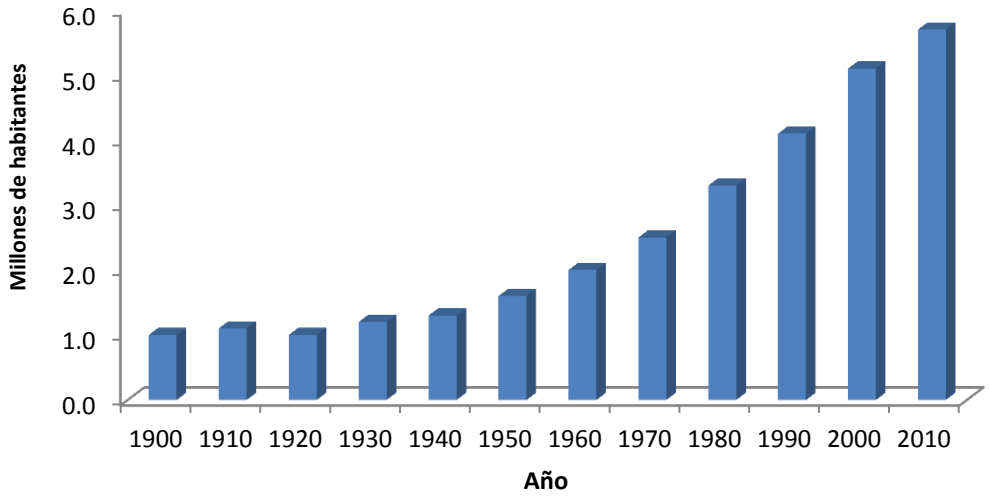
En este caso, los usuarios o generadores pueden calcular las emisiones por mediciones directas y la actividad de la empresa, o mediante alguna otra técnica como factores de emisión o balance de materia. Las fuentes de área representan las emisiones de fuentes que son demasiado numerosas y dispersas para ser incluidas de manera eficiente dentro de un inventario de fuentes puntuales tales como panaderías, tortillerías y casas habitación. En conjunto, sin embargo, las fuentes de área son emisores significativos de contaminantes al aire, y dichos contaminantes deben ser incluidos en un inventario de emisiones para garantizar que esté completo.

En el Inventario de Emisiones de Fuentes de Área preparado para el municipio de Puebla, se han determinado los factores de emisión para los rubros de mayor relevancia como son: Panaderías, tortillerías, baños públicos y emisiones domésticas.

Fuentes de información

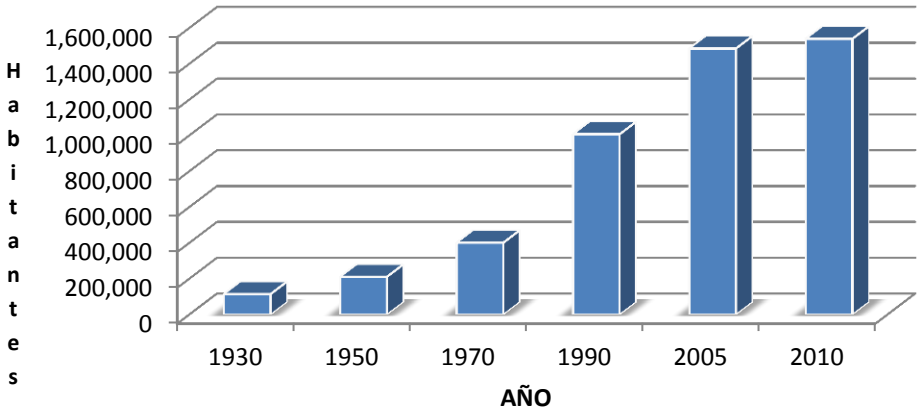
La recopilación de la información se obtuvo de dependencias federales, estatales y municipales, así como de la consulta de páginas Web de las mismas (cuando están disponibles), recopilación en cámaras industriales, encuestas, así como instituciones públicas y privadas, vía telefónica y/o por correo electrónico. Además de las solicitudes por escrito, se ha hecho uso del portal de INFOMEX. Adicionalmente se realizó una búsqueda de información en INEGI, SAGARPA, CONAPO, así como en cámaras industriales como son ANAFAPYT y CANIMOLT, a fin de recopilar la información requerida.

Figura 5.12 *Número de habitantes en el Estado de Puebla.*



Fuente: *INEGI. Perfil Sociodemográfico, XII Censo de Población y Vivienda 2010.*

Figura 5.13 *Número de habitantes en el municipio de Puebla.*

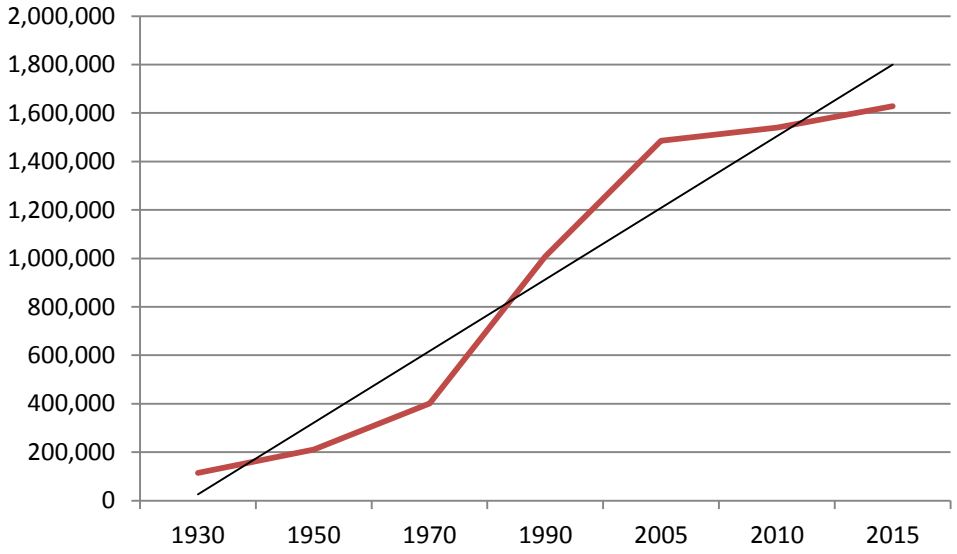


Fuente: *INEGI. Perfil Sociodemográfico, XII Censo de Población y Vivienda 2010.*

Un dato importante a considerar es que en 2010, en la entidad existían 1,473,779 hogares, de los cuales 358,097 se encontraban en el municipio de Puebla (figura 5.12 y 5.13).

De la información anterior, se estimó el número de habitantes en el municipio de Puebla para el año 2015 (figura 5.14).

Figura 5.14 *Proyección del número de habitantes en el municipio de Puebla para 2015.*



2010	2011	2012	2013	2014	2015
1,453,179	1,465,017	1,476,340	1,487,477	1,498,309	1,508,707

Fuente: *INEGI. Perfil Sociodemográfico, XII Censo de Población y Vivienda 2010.*

Cálculo de emisiones por categoría

Las categorías consideradas en el inventario de emisiones del municipio de Puebla, se presentan en la tabla 5.11.

Tabla 5.11 *Subcategorías de fuentes de área.*

Subcategorías	
Aguas residuales	Incendios forestales
Aplicación de fertilizantes	Labranza
Aplicación de plaguicidas	Lavado en seco
Artes gráficas	Limpieza de superficies Industriales. (desengrasado)
Asados al carbón	Limpieza de superficies Industriales. (desengrasado)
Asfaltado	Manejo de gas LP
Baño públicos	Panaderías
Corrales de engorda	Pintado automotriz
Deportivos y balnearios	Pintura para señalización vial
Emisiones domésticas de amoniaco	Quemas agrícolas
Emisiones ganaderas de amoniaco	Recubrimientos de superficies arquitectónicas
Esterilización material hospitalario	Recubrimientos de superficies industriales
Fuentes domésticas	Terminales de autobuses
Hospitales	Tintorerías
Incendios en construcciones	Tortillerías

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Como se puede observar, se han descartado las actividades que no se realizan regularmente en zonas urbanas, ya que si bien en las juntas auxiliares aún se mantienen usos y costumbres (como es el caso de pequeñas granjas y establos y uso de leña), la disponibilidad de gas LP y comercios y servicios ha hecho que se incorporen más a las características urbanas.

Emisiones fugitivas por manejo de gas LP

El gas LP es una mezcla de propano (60 %) y butano (40 %), y es más pesado que el aire. Al ocurrir una emisión fugitiva de este combustible (por lo regular en accesorios como válvulas y empaques o al momento de encender un quemador), el propano es el componente que se incorporará a la atmósfera. Esta es la razón por la que en ocasiones no se considere en los inventarios como gas LP, sino como propano; con las indicaciones marcadas en APA 42 Vol. 1 Cap. 4 tabla 4,3.

Además de las emisiones de la combustión del gas LP, las emisiones debidas a fugas o por evaporación de los sistemas de almacenamiento y distribución representan una importante fuente de contaminación, por lo que es considerada cuando se desarrolla el inventario de emisiones de área. Se tiene identificado que las fugas de gas LP son una fuente potencialmente significativa de emisiones de hidrocarburos. El gas LP es usado por los sectores industriales, comerciales y de servicios, pero una gran cantidad se usa a nivel doméstico, tanto para cocinar como para calentar agua. Esta categoría de fuente se refiere a las emisiones generadas en toda la distribución de gas Lp.

Asfaltado

La mezcla de asfalto caliente se utiliza sobre todo para pavimentar y consiste en una mezcla del cemento agregado y líquido del asfalto, que se calientan y se mezclan en cantidades medidas. Las instalaciones de mezcla de asfalto en caliente se pueden clasificar en plantas de mezcla de tambor rotatorio o plantas de la mezcla en horno, según el proceso por el cual las materias primas son mezcladas.

En una planta de mezcla en horno, el agregado se seca primero, y después es transferido a un mezclador donde se mezcla con el asfalto líquido. En una planta de mezcla en tambor, un secador rotatorio sirve para secar el agregado y para mezclarlo con el cemento líquido del asfalto. Después de mezclarse, el HMA (Mezcla Asfáltica Caliente por sus siglas en inglés) se transfiere generalmente a un compartimiento de almacenaje o a un silo, donde se almacena temporalmente. Del silo, el HMA se vacía en los carros del transporte, que trasladan al sitio de trabajo.

En la zona conurbada del municipio de Puebla se encuentran 5 plantas de asfalto; 3 al Nororiente y 2 al Norponiente de las cuales de acuerdo a EPA-454/R-00-019 se tienen emisiones denominadas, fugitivas.

Combustión comercial y de servicios

En este punto se consideran las empresas que comercializan directamente productos o servicios y que por la naturaleza de los mismos, requieren de equipos que pueden generar algún tipo de contaminantes; para esto se utilizó la información de los censos económicos de INEGI y la proporcionada por la licencia de funcionamiento por giro proporcionada por el Honorable Ayuntamiento de Puebla.

Las empresas con soporte económico utilizan calderas de calidad y normalmente queman gas LP; las microempresas como hospitales, clubes deportivos y balnearios utilizan calderas pequeñas que normalmente queman gas LP y en el caso de los baños públicos, la quema leña (desperdicio de madera de empaque y construcción). Las emisiones generadas por baños públicos se tratan en otro apartado por la relevancia de los contaminantes generados por la quema de madera.

La información de los consumos de combustible se obtuvo con los datos de las calderas instaladas en los diferentes centros de servicio tomando un promedio de las capacidades y las horas de trabajo anuales.

Tabla 5.12 *Hospitales, deportivos y tintorerías.*

	No. de generadores	Consumo promedio de gas Lp, Ton anuales
Hospitales	105	3,382
Centro Deportivos y Balnearios	82	3,521
Tintorerías	60	129

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Combustión en baños públicos

Para el caso de los baños públicos, se tuvo el apoyo de las cámaras y asociación de balnearios y baños públicos para determinar el consumo de leña promedio por caldera. Se determinó el calor consumido por caldera y por baño para determinar los factores de consumo de leña y combustóleo; se obtuvo también el número de baños que consumen leña y los que aun consumen combustóleo con esta información se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.13 *Consumo promedio de combustible en baños públicos.*

	Leña	Combustóleo
Número baños	135	15
Consumo promedio anual por baño	142.9 Ton	48 m^3
Consumo anual baños	19,285.7 Ton	720 m^3

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Combustión en panaderías

El Consumo de pan en municipio se ha incrementado por el aumento de población y la disponibilidad de panaderías cerca de las unidades habitacionales; a su vez, la tecnología de los hornos de pan, se ha mejorado, de tal manera que los hornos son más sencillos y se pueden instalar a adaptar en locales pequeños.

La mayor parte de los hornos de elaboración de pan utilizan gas LP como combustible aunque en colonias en donde se dispone de gas natural, se utiliza este combustible.

El número de panaderías instaladas en el municipio se obtuvo mediante el registro o padrón de giros controlado por el H. Ayuntamiento y la producción y consumo de combustible mediante dos fuentes; los datos de los fabricantes de hornos típicos usados en las panaderías del municipio considerando consumos per cápita de pan, y mediante encuestas aplicadas en forma directa a los encargados de panaderías. Con la información recopilada se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5.14 *Consumo promedio anual de gas por panaderías.*

Consumo promedio anual de gas por panadería	2.773	Ton
Número de panaderías	505	Establecimientos
Consumo anual de gas en panaderías	1,400.365	Ton

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Dentro de los inventarios de emisiones se consideran los gases orgánicos totales como una emisión generada durante la elaboración del pan, considerándose para el cálculo si se maneja una masa mezclada o esponjosa; de acuerdo a encuestas, actualmente se manejan masas esponjosas por lo que el factor de emisión es de 5 Kg por tonelada de pan (Fuente Adams Prog. de Inventarios en México Vol. 1). De acuerdo con estos datos se tendrían 7 Ton de GOTs anuales emitidos.

Combustión en Tortillerías

En el municipio se tienen 1180 tortillerías, la mayoría de ellas utilizan gas LP como combustible y solo en zonas en donde se dispone de gas natural, se utiliza este combustible.

Para la determinación de las emisiones por tortillerías, se utilizaron 3 fuentes de información, datos de fabricantes de máquinas tortilladoras; consumo per cápita, datos obtenidos de encuestas respecto a producción y consumos de combustibles y datos de eficiencia energética regulados en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-019-ENER-2006, Eficiencia térmica y eléctrica de máquinas tortilladoras mecanizadas. Límites, método de prueba y marcado.

El disponer de información real de producción y consumo de combustible permite comparar esta con la establecida por los diferentes fabricantes y la establecida por la Norma de Eficiencia Energética.

Combustión doméstica

La combustión doméstica en la zona urbana está muy orientada al consumo de gas LP y gas natural; sin embargo, hay zonas rurales con usos y costumbres en las juntas auxiliares (principalmente al Nororiente de la ciudad) en donde consumen leña ya que la disponibilidad y el alto costo de otros combustibles como es el caso del gas LP, hace atractivo el consumo de leña.

Distribución de combustibles

En el municipio de Puebla se tienen, como distribución de combustibles, una terminal de distribución de gas LP de Petróleos Mexicanos; 5 distribuidoras de combustóleo y diésel y 125 estaciones de gasolina.

Emisiones domésticas de amoniaco

El origen de las emisiones de amoniaco es natural y tecnológico; en el caso de las emisiones naturales, involucran procesos de descomposición de materia orgánica, incendios forestales naturales. Las actividades antropogénicas como la ganadería, agricultura, procesos de combustión y la descomposición de materiales sintéticos conteniendo nitrógeno son el origen de las emisiones de amoniaco.

En el caso de las emisiones domésticas se tienen las propias por residuos humanos y de mascotas; residuos orgánicos de alimentos y algunas actividades que involucran descomposición de sustancias que contienen nitrógeno.

Emisiones generadas por uso doméstico de solventes

En el caso de uso de solventes a nivel doméstico se utilizan como vehículos en productos como desodorantes, insecticidas, pinturas y se usan como adelgazadores, desengrasantes o limpiadores así como en productos detergentes o de limpieza así como en actividades de aplicaciones de pintura y aerosoles para uso en actividades de mantenimiento.

Análisis de los resultados

La información que se obtuvo permite analizar cuáles son los mayores generadores de los diferentes contaminantes, de tal manera que se puedan detectar las áreas de oportunidad no solo para reducir los contaminantes si no para poder establecer estrategias de reducción de consumos energéticos o el uso de tecnologías alternas que sustituyan a los combustibles fósiles o la reducción de solventes o sustancias que sean tóxicas o precursores de calentamiento global.

Inventario de fuentes de área

En la tabla 5.14 se presentan las emisiones de fuentes de área clasificadas por subcategorías.

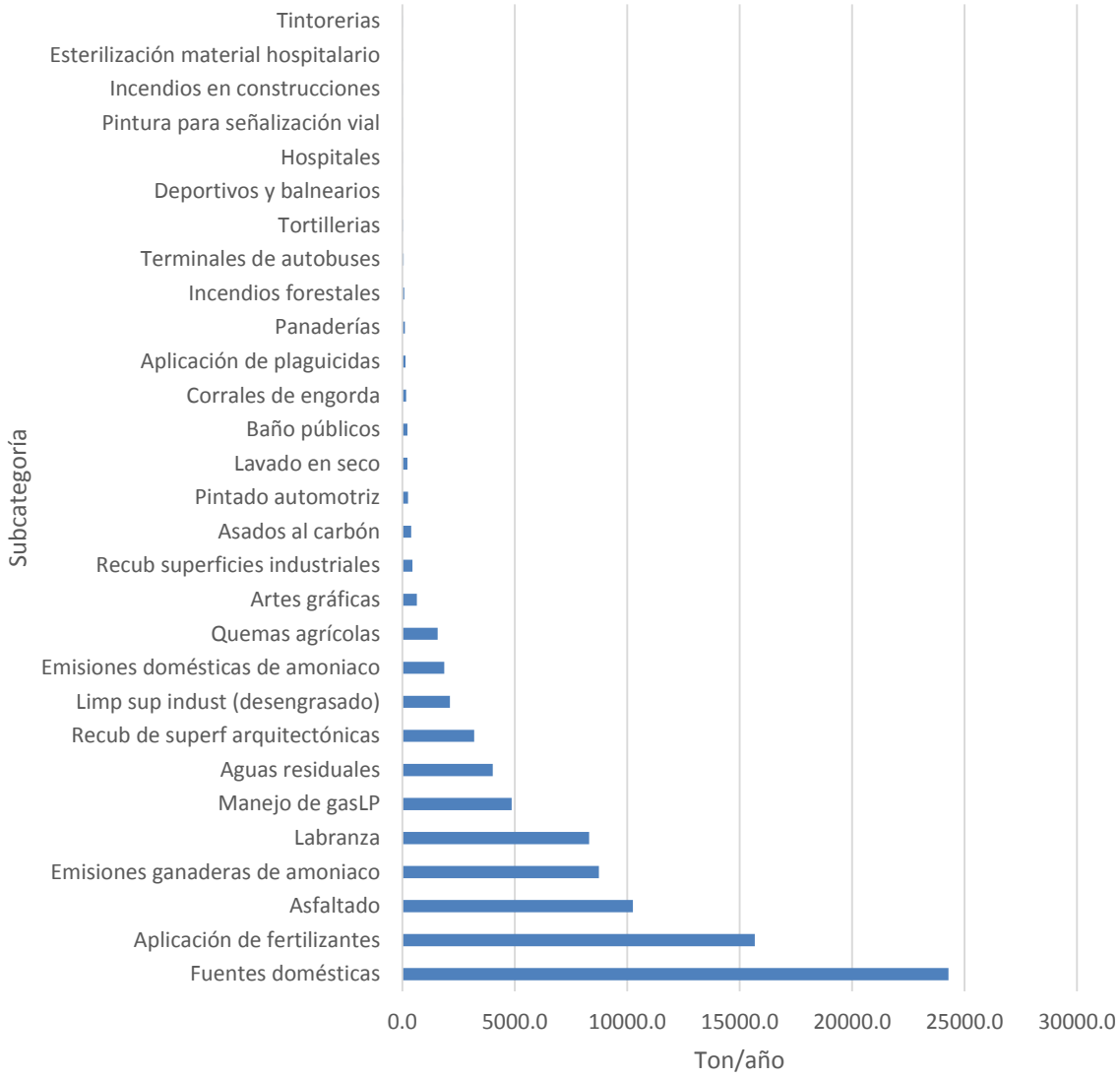
Tabla 5.14 *Inventario de emisiones de fuentes de área.*

Categoría / subcategoría	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	4,025.00	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,666.00
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	137.10	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	647.90	NA
Asados al carbón	119.20	95.10	NA	237.30	4.40	32.00	NA
Asfaltado	499.40	NA	NA	6,000.00	2,800.00	950.00	NA
Baño públicos	34.65	29.87	43.68	72.12	63.30	4.75	NA
Corrales de engorda	167.03	19.07	NA	NA	NA	NA	NA
Deportivos y balnearios	0.44	NA	0.10	1.95	14.14	0.54	NA
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,863.90
Emisiones ganaderas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8,738.00
Esterilización material hospitalario	NA	NA	NA	NA	NA	1.40	NA
Fuentes domésticas	161.16	138.93	16.74	10,348.60	4,431.85	9,317.47	NA
Hospitales	0.42	NA	0.09	1.87	13.58	0.52	NA
Incendios en construcciones	0.30	0.30	NA	5.50	0.10	0.30	NA
Incendios forestales	3.86	3.29	6.70	58.00	1.70	10.10	7.00
Labranza	8,297.30	1,839.50	NA	NA	NA	NA	NA
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	218.90	NA
Limpieza de superficies industriales (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	2,120.20	NA
Manejo de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	4,853.00	NA
Panaderías	0.18	NA	0.39	0.78	5.62	106.60	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	248.80	NA
Pintura para señalización vial	NA	NA	NA	NA	NA	16.30	NA
Quemas agrícolas	169.20	161.50	6.50	1,212.60	47.80	114.20	19.20

Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	3,197.50	NA
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	446.70	NA
Terminales de autobuses	0.00	0.00	0.10	35.00	17.30	3.20	0.00
Tintorerías	0.02	NA	0.00	0.07	0.52	0.02	NA
Tortillerías	0.68	NA	0.15	3.00	21.75	0.83	NA
Total Fuentes de área	**9,453.82**	**2,287.56**	**74.45**	**17,976.79**	**7,422.06**	**26,453.32**	**26,294.10**

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

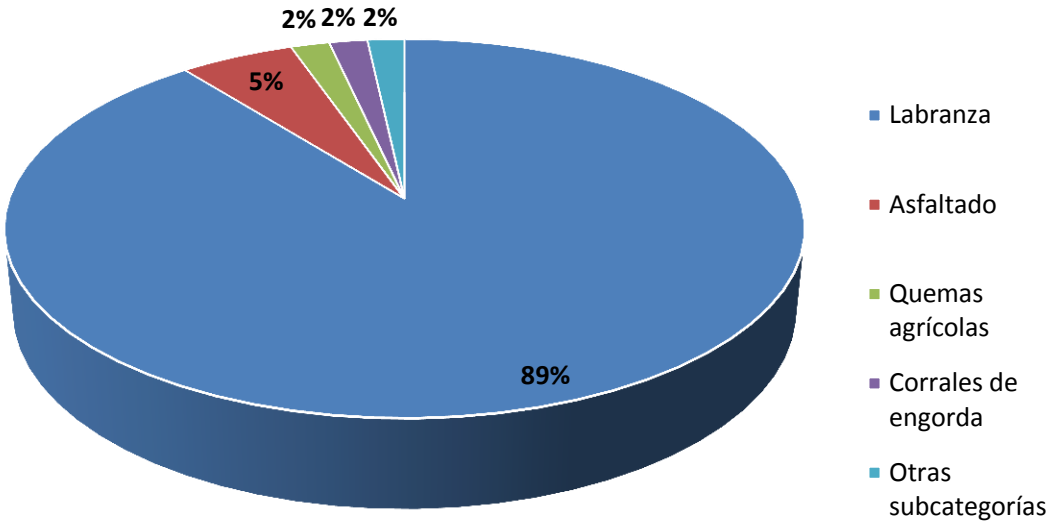
Figura 5.15 *Gráfica inventario de emisiones de fuentes de área.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

De acuerdo con la información mostrada en la tabla y figura anterior, se puede observar que el 80% de las emisiones de contaminantes a la atmósfera son generadas por cinco categorías: las fuentes domésticas, aplicación de fertilizantes, asfaltado, emisiones ganaderas de amoniaco, labranza y manejo de gas LP.

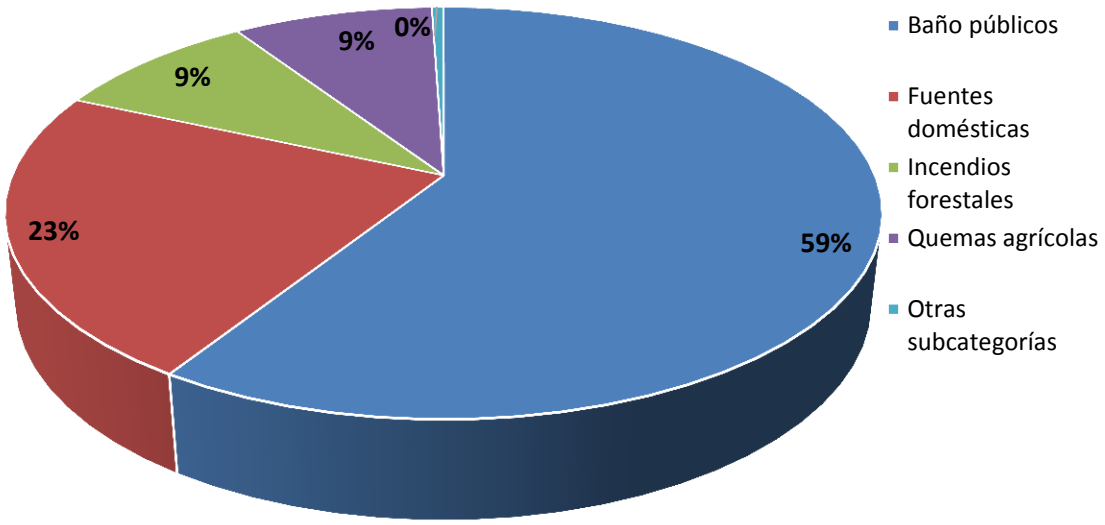
Figura 5.16 *Distribución porcentual de emisiones de PM 10 en fuentes de área por subcategoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

De acuerdo con la figura 5.16, las emisiones de PM 10 son generadas principalmente por la actividad de preparación de terrenos agrícolas con un 89%, seguido de asfaltado y quemas agrícolas. El resto de las subcategorías emiten en su conjunto un 2%.

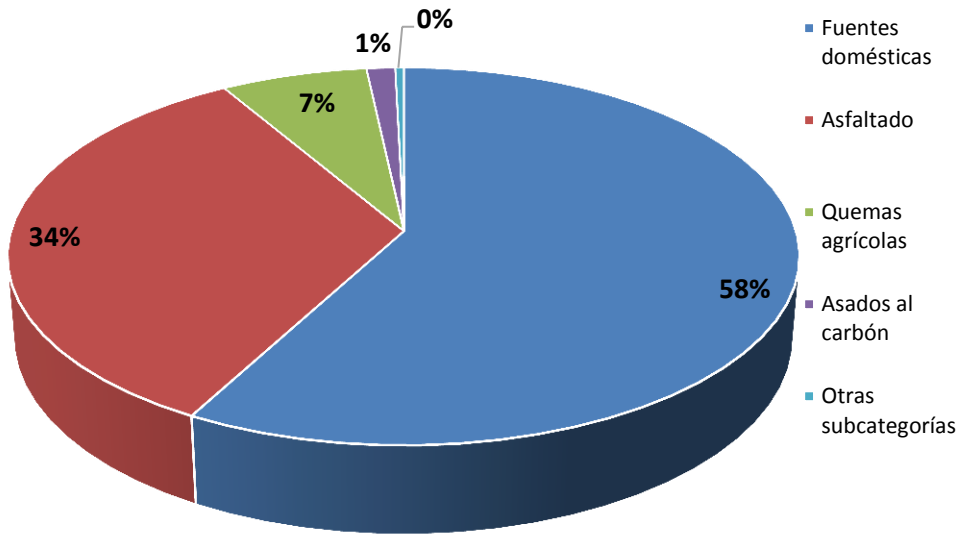
Figura 5.17 *Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes de área por subcategoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Para el caso del SO_2 los baños púbicos aportan aproximadamente el 60% de las emisiones, lo anterior debido a los combustibles utilizados por estos servicios. Otras subcategorías que sobresalen son las fuentes domésticas, los incendios forestales y las quemas agrícolas.

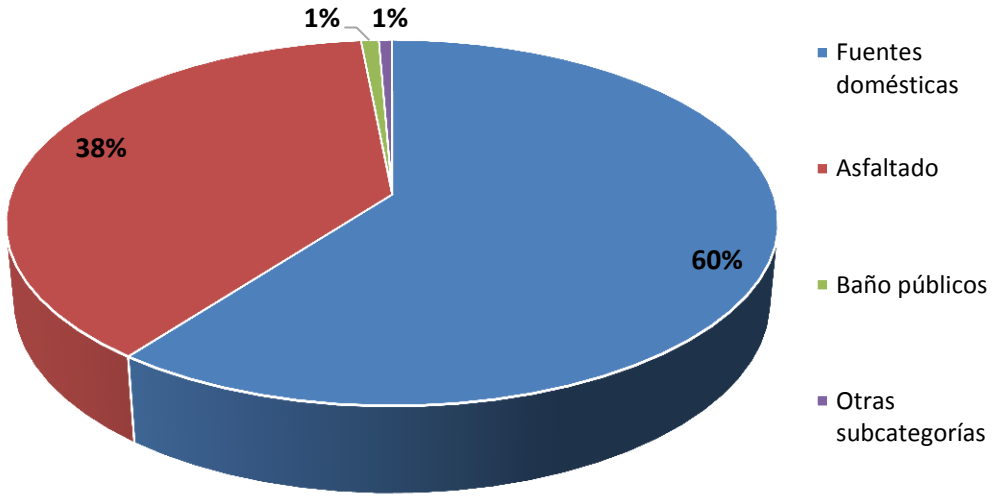
Figura 5.18 *Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes de área por subcategoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Las fuentes domésticas son las principales generadores de CO con una aportación de un 58%. El 42% es generado por tres subcategorías que son asfaltado, quemas agrícolas, asados al carbón.

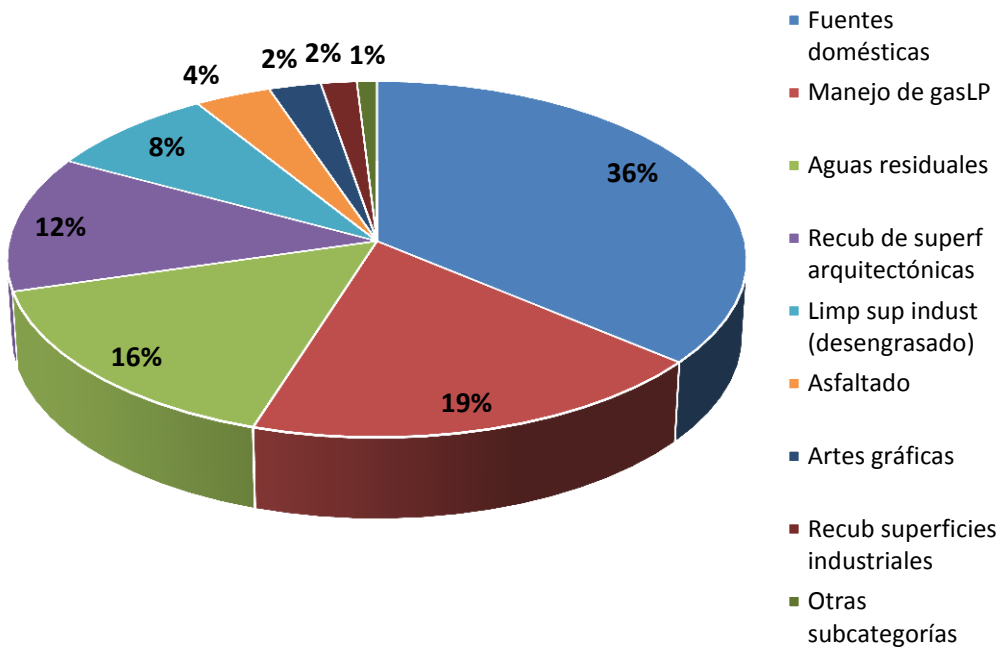
Figura 5.19 *Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes de área por subcategoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Como se puede ver en la figura 5.19, más del 50% de las emisiones de NO_x son generadas por fuentes domésticas, el 38% es debido al asfaltado y sólo el 1% se le es atribuido a los baños públicos.

Figura 5.20 *Distribución porcentual de emisiones de COV´s en fuentes de área por subcategoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

En el rubro de Fuentes de Área se incluyen las emisiones de Servicios y Comercios como fuentes múltiples de emisión; no obstante, muchos de estos establecimientos envían sus emisiones por medio de ductos o chimeneas o bien son muy cuantificables sus emisiones por métodos sencillos de balances de materia o factores de emisión siendo el único requisito, pero el más importante, el que tengan registros de consumo de combustibles; producciones y/o actividad real.

La información recabada en registros permite determinar no solo las emisiones generadas por los diferentes establecimientos. Además, permite determinar la actuación o eficiencia de los sistemas o equipos, lo que permite aprovechar las áreas de oportunidad e identificar la posibilidad de utilizar energías alternas.

El consumo energético residencial es una importante área de oportunidad ya que es en donde se localizan la mayor cantidad de emisores; en el caso del municipio de Puebla, se utiliza en mayor cantidad el gas LP para la combustión doméstica; sin embargo existen zonas en donde se tiene disponible gas natural. En zonas suburbanas y rurales en Juntas Auxiliares del municipio, se tiene consumo de leña; regularmente se usan ramas o árboles deteriorados o viejos.

De acuerdo con las encuestas, en la categoría de panaderías se han instalado hornos sencillos y económicos que han permitido en establecimiento de muchos negocios conocidos como “hornitos” que han desplazado a los hornos rústicos que quemaban petróleo o leña conocidos como “hornos de piso” y que en su mayoría usan gas LP como combustible; no obstante la mayor parte de ellos consumen más de lo indicado en el manual del fabricante.

En el caso de las tortillerías, se encontró que de los negocios entrevistados, el promedio de consumo de gas por Kg de tortilla es mayor que el establecido en el proyecto de norma de

eficiencia energética de máquinas tortilladoras PROY-NOM-019-ENER-2006 y el establecido por los fabricantes de las máquinas.

De acuerdo con lo comentado durante las entrevistas, foros y el análisis de la información, la parte más importante es la capacitación, difusión y comunicación entre los diferentes sectores para reducir los contaminantes haciendo un uso óptimo de los recursos y energéticos y fomentando el uso de energías alternas.

5.3.3 Fuentes móviles

Los vehículos automotores en el municipio de Puebla son la principal fuente de emisión a la atmósfera. Lo anterior, con base en el inventario de emisiones y un padrón vehicular de 566,383 unidades. Los vehículos prácticamente en su totalidad utilizan algún tipo de combustible fósil (Gasolina o Diésel) a excepción de algunos vehículos eléctricos propiedad de empresas particulares.

Es importante señalar que los vehículos automotores y sus eficiencias difieren unos de otros en función del año modelo, marca y peso bruto vehicular. Asimismo, influyen otros factores como son la calidad de los combustibles, las condiciones meteorológicas y geográficas del lugar. Además de las condiciones de manejo, velocidades de circulación, mantenimiento, entre otras.

El presente inventario de emisiones se realizó para el municipio de Puebla año base 2011, para los contaminantes: Partículas menores de 2.5 y 10 micrómetros (PM 2.5 y PM 10), Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Azufre (SO_2), Amoniaco (NH_3), Óxidos de nitrógeno (NO_x) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s).

El método que se empleó para el cálculo de los factores de emisión es el modelo Mobile 6.2 para México, tropicalizado del modelo Mobile 6.2 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA por sus siglas en ingles).

Los vehículos automotores en materia de inventarios de emisiones son catalogados como fuentes móviles. No obstante, existen otras categorías que también se consideran fuentes móviles, como son los vehículos no carreteros (tractores de construcción y agrícolas), embarcaciones, maquinas pavimentadoras, que emiten contaminantes durante su proceso.

En materia de emisiones, los factores se cuantifican en función de los kilómetros recorridos por vehículo (KRV) y la velocidad promedio. En este sentido, las fuentes móviles se clasifican de acuerdo al moldeo Mobile 6.2 - México como se muestra en la tabla 5.15.

Tabla 5.15 *Categorías del Mobile 6.2 – México.*

Categoría vehicular Mobile 6.2 - México	Correspondencia con las categorías de Mobile 6.2	
	Vehículos a gasolina	Vehículos a diésel
Automóvil Particular	LDGV	LDDV
Taxi	LDGV	LDDV
Van de transporte urbano	LDGT1	--
Microbús	HDGV3	HDDV3
Pick Up	LDGT2	LDDT12
Vehículos PBV<3 Toneladas	LDGT3 LDGT4	LDDT34
Tractocamiones	HDGV8B	HDDV8B
Autobús de transporte urbano	HDGB	HDDBT HDDBS
Vehículos PBV>3 Toneladas	HDGV2B HDGV4 HDGV5 HDGV6 HDGV7 HDGV8A	HDDV2B HDDV4 HDDV5 HDDV6 HDDV7 HDDV8A
Motocicletas	MC	--

Fuente: *Software Mobile 6.2, 2013.*

Para el caso de este inventario se calcularon los factores de emisión para los contaminantes principales que se muestran en la Tabla 5.16, mediante el empleo de Mobile 6.2 México.

Tabla 5.16 *Contaminantes Mobile 6.2.*

Contaminante	Descripción
CO	Monóxido de carbono
COV´s	Compuesto Orgánico Volátil
HC	Hidrocarburos
NO_x	Óxidos de nitrógeno
PM 2.5 y 10	Partículas de 2.5 y 10.0 micrómetros (μ)
SO_2	Bióxido de azufre
NH_3	Amoniaco
CO_2	Bióxido de carbono

Fuente: *Software Mobile 6.2, 2013.*

Fuentes de información

Para la correcta elaboración de este inventario de emisiones, fue necesario recopilar información acerca de la flota vehicular, condiciones geográficas y meteorológicas. Los datos de la flota vehicular para este inventario son 538,508 vehículos registrados para el año 2011, los cuales están distribuidos por año y categoría vehicular, como se muestra en la tabla 5.17.

Tabla 5.17 *Número de vehículos por clasificación para el municipio de Puebla año 2011.*

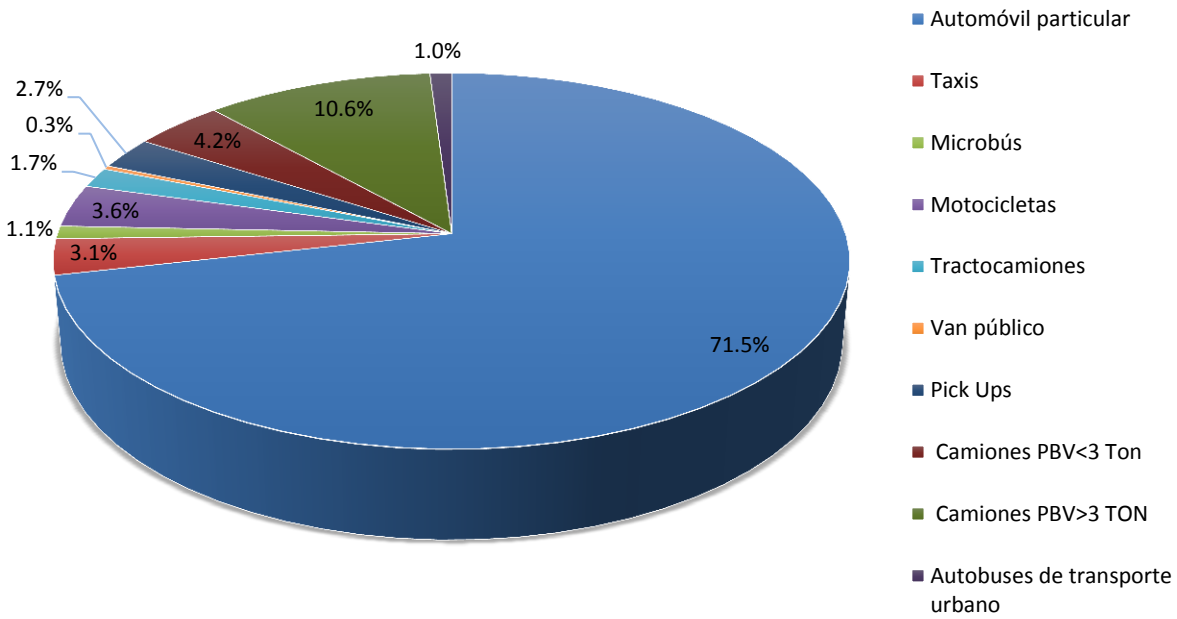
Categoría	Número de vehículos	KRV (Km recorridos/día)	Días de circulación al año
Automóvil Particular	384,976	29	360
Taxis	16,601	156.4	340
Microbús	5,914	156.4	340
Motocicletas	19,645	156.4	340
Tractocamiones	9,280	81.9	300
Van de transporte urbano	1,747	7.2	340
Pick Ups	14,737	27	345
Vehículo PBV<3 Ton	22,836	54	320
Vehículo PBV>3 TON	57,308	54	320
Autobuses de transporte urbano	5,464	54	340

*PBV corresponde al Peso Bruto Vehicular que incluye el peso del vehículo, el peso de la carga a su máxima capacidad y el peso de los pasajeros.

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

La figura 5.21 representa la composición de la flota vehicular del municipio de Puebla, clasificado por categorías vehiculares; observando que los vehiculos ligeros, como son los particulares y taxis constituyen el 74.6% del total de esta.

Figura 5.21 *Flota vehicular del municipio de Puebla por categorías.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

El modelo Mobile 6.2 para México requiere para su corrida de datos meteorológicos, lo cuales se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua para el año 2011, los cuales fueron los que se muestran en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18 Condiciones climatológicas empleadas en el inventario de emisiones móviles, municipio de Puebla 2011.

Condición climatológica (unidades)	Valor
Temperatura mínima (°C)	3.0
Temperatura máxima (°C)	23.1
Temperatura media (°C)	13.8
Humedad relativa (%)	41.6
Velocidad media del viento (Km/h)	12.4
Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)	30.5
Visibilidad media (km)	16.0

Fuente: Datos obtenidos de CONAGUA.

De igual manera es necesario contar con información geográfica, considerando para el inventario los datos obtenidos del INEGI, como se observa en la tabla 5.19.

Tabla 5.19 *Condiciones geográficas empleadas en el inventario de emisiones móviles. municipio de Puebla 2011.*

Topografía	Valor
Altura del municipio de Puebla	2160 msnm

Fuente: *INEGI, 2014*

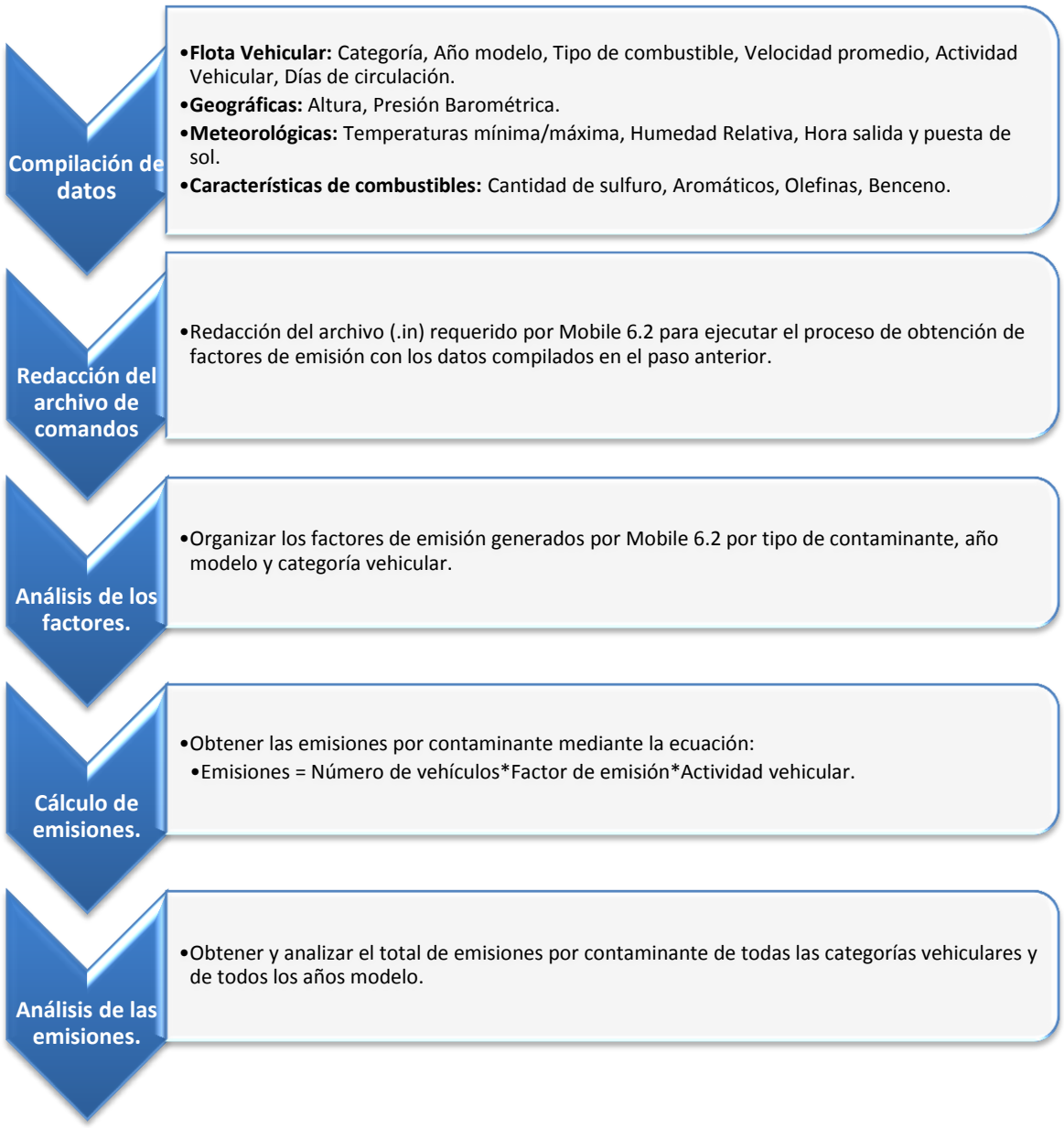
Otra variable necesaria para correr el modelo antes mencionado, son las características de los combustibles, en este caso gasolina y diésel, señalando sus características esenciales, tal y como se muestra en la tabla 5.20.

Tabla 5.20 *Propiedad de los combustibles.*

Propiedad para Gasolina	Valor
Presión de Vapor de Reíd (lb/pulg^2)	9-10
Contenido de Azufre (ppm)	300 promedio y 500 como máximo. Enero 2009: 30 promedio y 80 como máximo.
Aromáticos (% volumen)	35
Olefinas (% volumen)	12.5
Oxígeno (% volumen)	2.7
Propiedad para Diésel	Valor
Azufre total (ppm)	500 máximo Septiembre 2009: 15 máximo

Fuente: *SEMARNAT, NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.*

Ruta critica



Caracterización de contaminantes

En la tabla 5.21 se presenta el inventario de emisiones para fuentes móviles por categoría vehicular y tipo de contaminante, para el municipio de Puebla año base 2011:

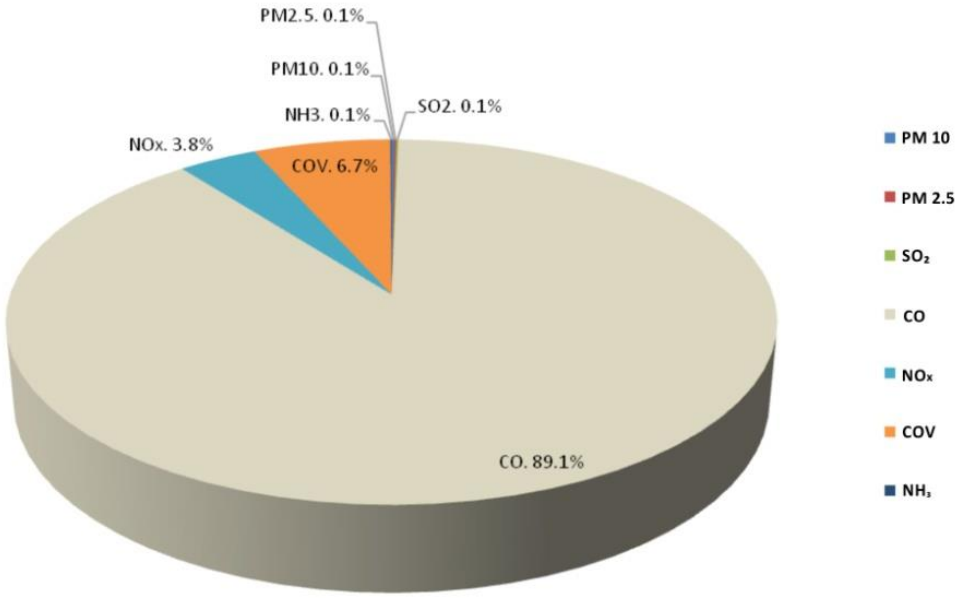
Tabla 5.21 *Emisiones de fuentes móviles para el municipio de Puebla. (Ton/año).*

Categorías Vehiculares	PM 10	PM 2.5	SO_2	CO	NO_x	COV´s	NH_3	Total
Automóvil particular	146.0	88.8	138.6	229,896.1	5,508.7	18,058.3	206.1	254,042.6
Pick-up	14.7	9.6	13.3	20,200.1	418.3	1,468.3	11.4	22,135.7
Vehículos PBV>3 Toneladas	207.8	138.3	145.4	128,037.4	7,725.0	9,104.7	22.5	145,381.1
Vehículos PBV<3 Toneladas	49.5	40.6	34.1	17,513.6	536.3	1,654.5	9.5	19,838.1
Autobuses de transporte urbano	226.8	206.9	136.3	62,469.5	3,980.6	3,207.1	8.1	70,235.4
Tractocamiones	99.6	88.5	52.5	4,053.7	2,687.9	858.3	2.5	7,843.0
Taxis	31.9	19.3	30.5	50,649.7	1,214.0	3,974.7	45.5	55,965.6
Microbuses	27.1	20.8	23.4	17,631.8	806.2	1,078.8	7.9	19,595.9
Motocicletas	7.5	4.2	0.6	5,259.0	143.5	571.0	2.0	5,987.7
Van de transporte urbano	1.7	0.8	1.8	1,394.9	74.9	128.7	5.7	1,608.6
TOTAL	**810.8**	**616.9**	**576.5**	**537,105.8**	**23,095.4**	**40,104.3**	**321.4**	**602,631.1**

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

En la figura 5.22 se observa que el monóxido de carbono (CO), es el principal contaminante emitido por las fuentes móviles, contribuyendo con el 89.1% del total de las emisiones; seguido de los compuestos orgánicos volátiles (COV´s) con el 6.6% y posteriormente los óxidos de nitrógeno (NO_x) con 3.8%. Lo anterior se debe a las características propias de la composición de los combustibles.

Figura 5.22 *Distribución porcentual de contaminantes del Inventario de Emisiones.*

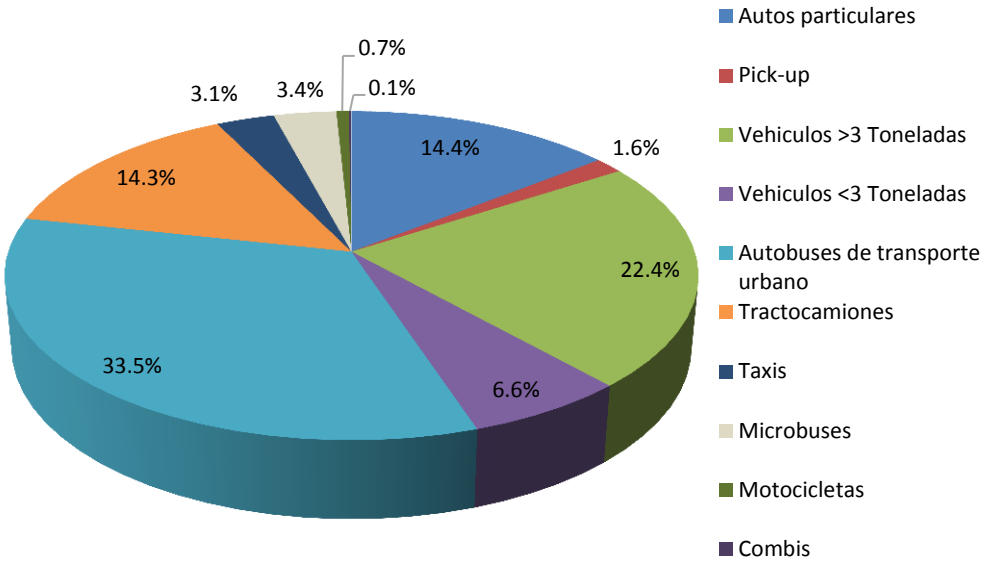


Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Continuando con la caracterización de las emisiones generadas por los vehículos, en la figura 5.23 se observa que la partículas con diámetro menor a 2.5 micrómetros (PM 2.5), contribuye con el 33.5% del total de las emisiones, generadas principalmente por los autobuses del transporte urbano, seguido por los vehículos con peso mayor a 3 toneladas con un 22.4% y de los automóviles

particulares con 14.4%. Esto debido a que el combustible empleado, en este caso para los vehículos es el diésel.

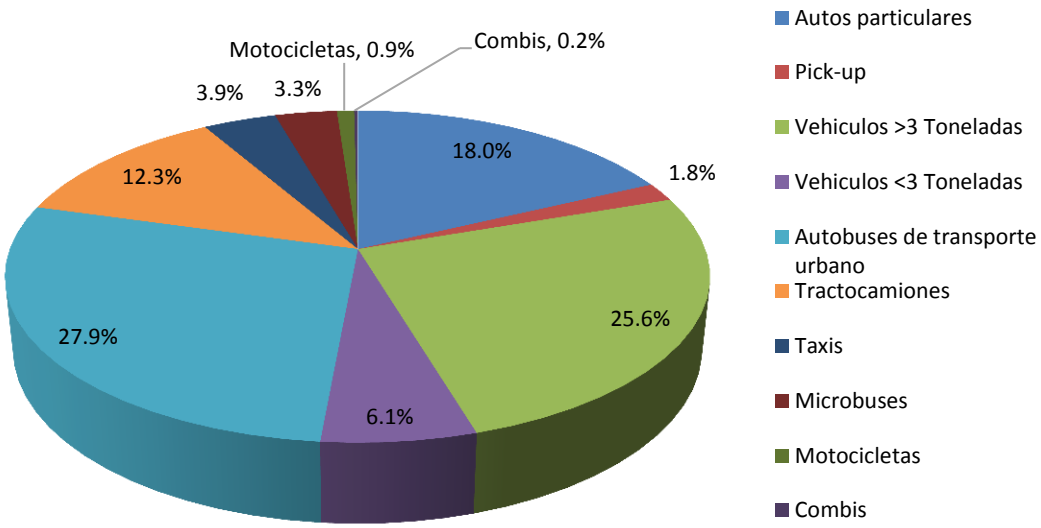
Figura 5.23 *Distribución porcentual de emisiones de PM 2.5 por categoría de vehículo.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Para el caso de las emisiones por partículas con diámetro de 10 micrómetros o menores (PM 10) se observa que tanto los autobuses de transporte urbano con un 27.9% y los vehículos con PBV mayor a 3 toneladas con el 25.6%, los cuales representan el 53.5% de las emisiones de este contaminante, como se muestra en la figura 5.24.

Figura 5.24 *Distribución porcentual de emisiones de PM 10 en fuentes móviles, por categoría.*

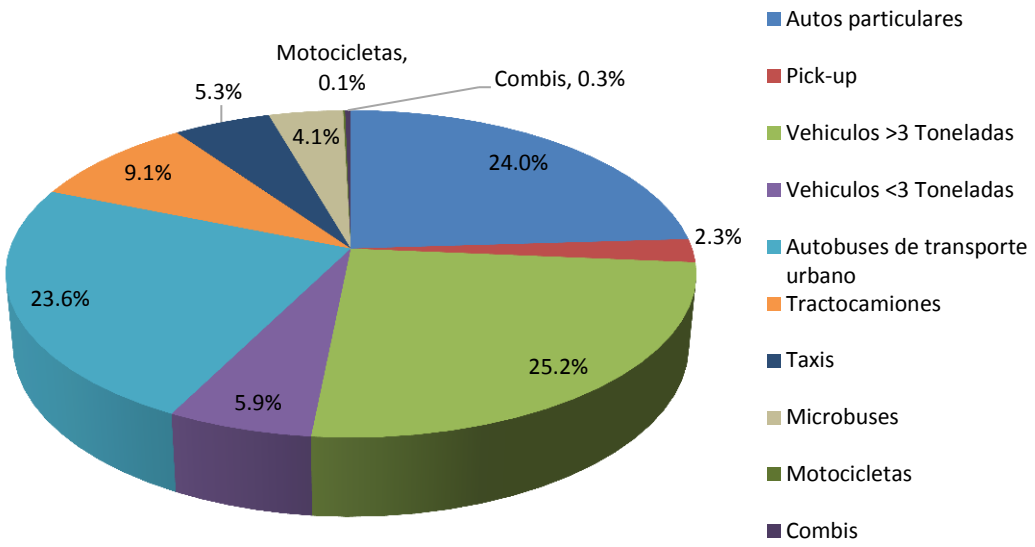


Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Por lo que respecta a las emisiones de dióxido de azufre (SO_2), se observa en la figura 5.25 que estas provienen principalmente de tres clases de vehículos: Con peso bruto vehicular mayor a 3

toneladas con el 25.2%, seguido de los autobuses de transporte urbano con un 24% y de los vehículos particulares con el 23.6% de las emisiones de este contaminante.

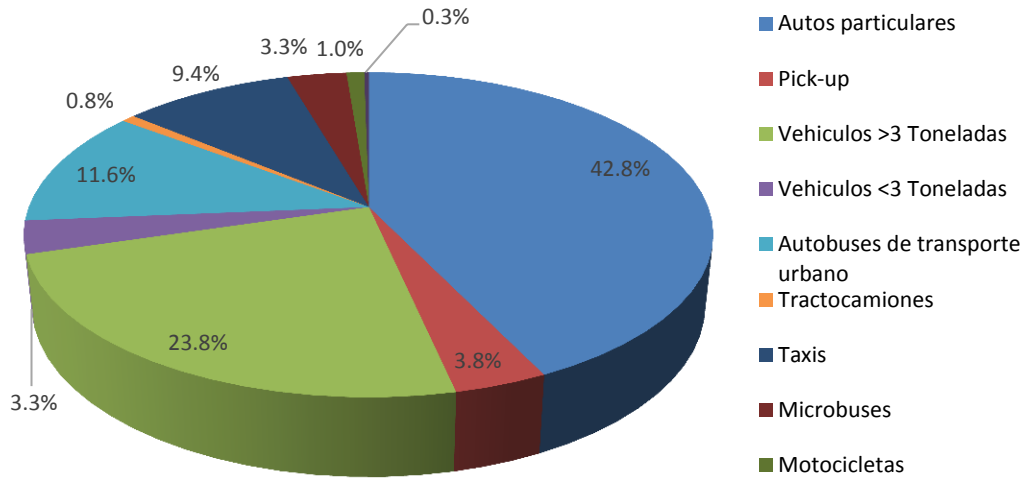
Figura 5.25 *Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes móviles, por categoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

En el caso de las emisiones de monóxido de carbono (CO) se muestra en la figura 5.26 que el 42.8% de las emisiones corresponden a las generadas por los autos particulares, seguido por los vehículos con peso bruto vehicular mayor a 3 toneladas con un 23.8% y de los autobuses de transporte urbano, con un 11.6%. Esto debido al volumen de del parque vehicular clasificado en estas categorías que presenta el municipio de Puebla.

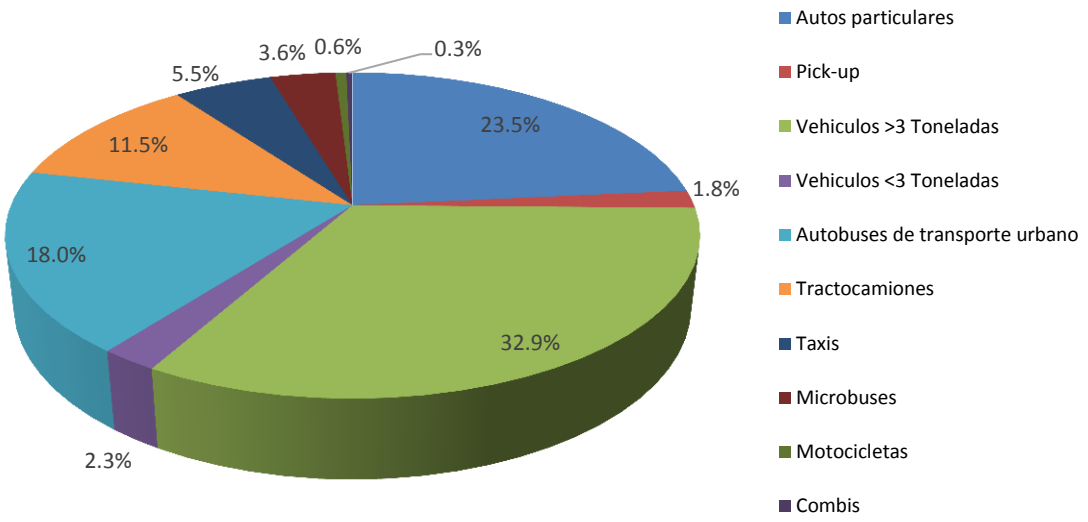
Figura 5.26 *Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes móviles, por categoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Para el caso de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), la figura 5.27 muestra que el 32.9% de las emisiones de este contaminante provienen de los vehículos con peso bruto mayor a 3 toneladas, seguido por los autos particulares con un 23.5% y de los autobuses de transporte urbano con el 18% de este contaminante. Esto claramente nos indica que las eficiencias de combustión ya sea por equipo automotor demandan grandes cantidades de oxígeno, por lo que si no se encuentran en condiciones adecuadas estos provocarán la emisión excesiva de los NO_x.

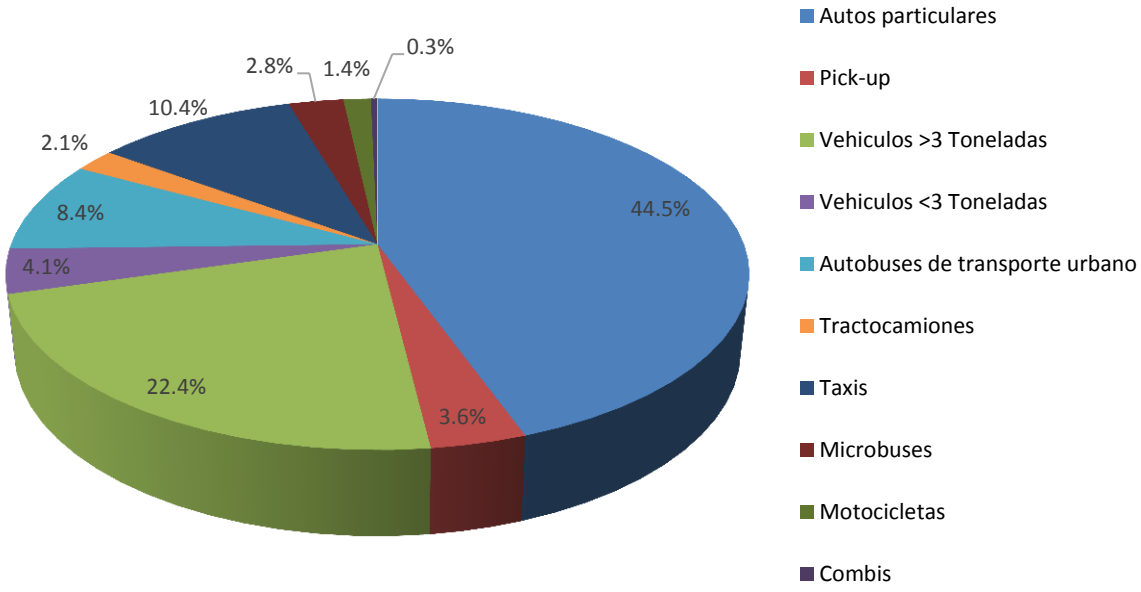
Figura 5.27 *Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes móviles, por categoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Para el caso de los compuestos orgánicos volátiles (COV´s), la figura 5.28, estos son generados principalmente por autos particulares, en un 44.5%, seguido por los vehículos con peso bruto mayor a 3 toneladas, con un 22.4%. Lo anterior, se debe al gran volumen del parque vehicular que se clasifica en esta categoría.

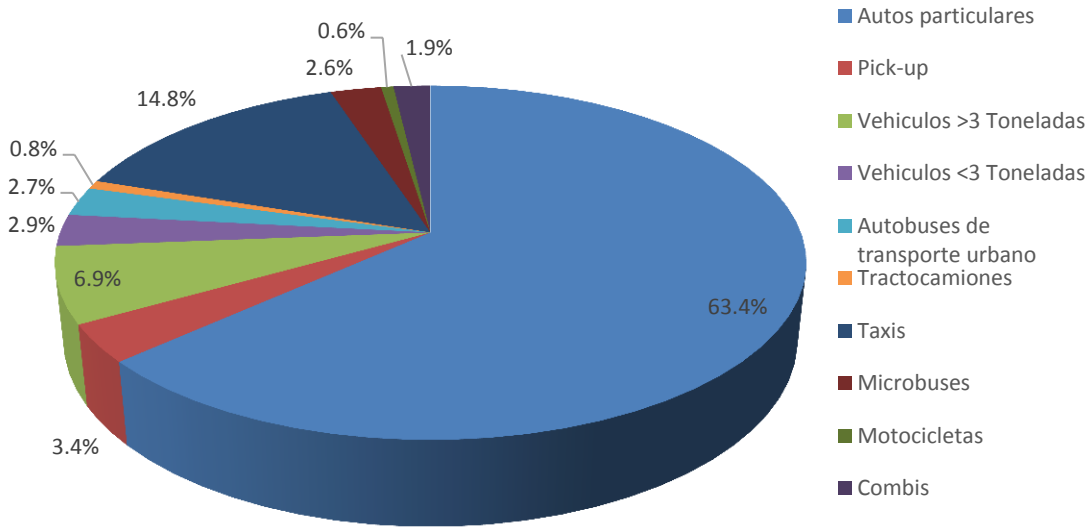
Figura 5.28 *Distribución porcentual de emisiones de COV´s en fuentes móviles, por categoría.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Y por último, las emisiones de amoniaco (NH_3) provienen en gran parte de los autos particulares contribuyendo con un 63.4%, seguido de los Taxis con 14.8% y de los vehículos con PBV>3 Toneladas con el 6.9% del total de las emisiones (figura 5.29).

Figura 5.29 *Distribución porcentual de emisiones de NH_3 en fuentes móviles, por categoría.*

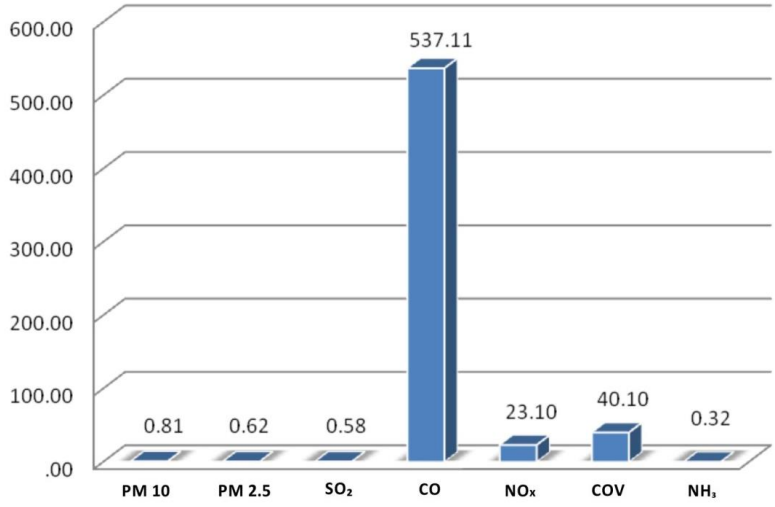


Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Resultados

Los vehículos automotores son una importante fuente de emisiones contaminantes a la atmósfera, generando una gran diversidad de contaminantes. Estas emisiones como pudimos observar, están condicionadas por las características propias del vehículo, calidad de los combustibles, criterios de manejo y velocidades de circulación en función de la estructura urbana.
En la figura 5.30 se muestran las emisiones de fuentes móviles totales por tipo de contaminante para el municipio de Puebla.

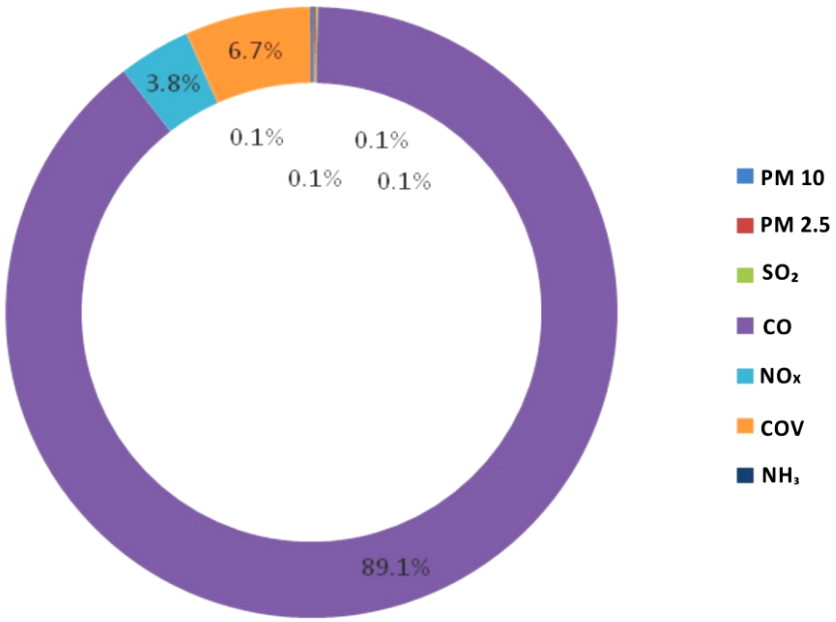
Figura 5.30 *Emisiones totales por tipo de contaminante. (KTon/año)*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

A continuación, en la figura 5.31, se muestran los porcentajes de los contaminantes presentes en las emisiones de fuentes móviles, en las cuales podemos observar que el monóxido de carbono (CO) es el principal contaminante, con un 89.1% del total de las emisiones, seguido por los compuestos orgánicos volátiles (COV´s) con el 6.7% y los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) con el 3.8%, en conjunto estos tres conforman el 99.6% del total de las emisiones por fuentes móviles.

Figura 5.31 *Porcentaje de aportación por contaminante en emisiones de fuentes móviles.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Las emisiones de contaminantes generadas por los vehículos automotores (fuentes móviles) en el municipio de Puebla corresponden a:

602,631.1 Ton/año

Lo que equivale a:

- 1651.04 toneladas/día, o;
- 1.1190 toneladas per vehículo promedio al año, o;
- 0.391 toneladas per cápita al año (con base en el CENSO poblacional INEGI 2010).

Mobile 6.2 México

Para el caso particular del inventario de emisiones del municipio de Puebla, se hizo uso del software Mobile 6.2 México, desarrollado en los Estados Unidos de América por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés). El software Mobile 6.2 México requiere de un archivo de comandos con los cuales ejecuta el proceso de cálculo de los factores de emisión.

Figura 5.32 *Contaminación por fuente móvil sin adecuado control de emisiones.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

5.3.4 Fuentes biogénicas

La formación de ozono representa un problema de contaminación muy grave en las ciudades del mundo, por lo que se realizan importantes y diversos esfuerzos de mitigación para reducir y controlar ese problema. Dichos esfuerzos están centralizados especialmente en actividades antropogénicas. Un vacío existente en estas primeras estrategias de control fue que inicialmente sólo se consideraron en los modelos de emisión atmosféricos a las especies químicas de origen antropogénico (Sharkey *et al*., 1997). Posteriormente se descubrió que procesos naturales tan sencillos como el olor agradable de los pinos, estaban constituidos por una mezcla de compuestos muy reactivos (isoprenoides: isopreno y monoterpenos) que al ser liberados a la atmósfera reaccionan con los otros compuestos formando parte activa en la química de la atmósfera.

Grandes cantidades de compuestos orgánicos volátiles (COV´s) son emitidos a la atmósfera ya sea por fuentes antropogénicas o naturales. Las fuentes de emisión naturales más importantes son: la vegetación, los océanos y las aguas superficiales continentales, los suelos, los sedimentos, descomposición microbiana de material orgánico, depósitos geológicos de hidrocarburos y los volcanes (Fehsenfeld, F., J. Calvert, R. Fall, P. Goldan, A.B. Guenther, C.N. Hewitt, B. Lamb, S. Liu, M. Trainer, H. Westberg y P.R. Zimmerman. 1992. Emission of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry. Global Biogeochem. Cycles 6, 389-430).

La importancia de la vegetación como una fuente de emisión de COV´s a la atmósfera fue inicialmente reconocida por Went (1960), quien estimó que la emisión anual global de estos compuestos era del orden de 175 Tg (1012 g)/año. Posteriormente fueron identificados el isopreno y los monoterpenos como especies químicas liberadas desde las hojas (*Rasmussen, R.A., and Went, F.W. 1965. Volatile organic material of plant origin in the atmosphere. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 53, 215-220*).

Actualmente, los COV´s constituyen una parte fundamental de los inventarios de emisión, debido a que estos compuestos:

1) Forman parte de la química global troposférica.
2) Pueden interactuar con las emisiones provenientes de la actividad humana produciendo así efectos nocivos a la atmósfera, como la formación de oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono) a nivel regional.
3) Participan en el balance del ciclo global del carbono, y
4) En la producción de ácidos orgánicos que contribuyen a la deposición ácida en zonas rurales.

Los inventarios de emisión son necesarios para poder valorar el papel que desempeñan las emisiones biogénicas y antropogénicas en la producción y/o formación de contaminantes fotoquímicos. Esta información es útil, para poder establecer estrategias de control efectivas (Lamb et al., 1987; 1993).

Metodología

Para la realización de estos inventarios de emisión es necesario contar con factores de emisión específicos por especie vegetal. Un factor de emisión representa la velocidad de emisión de un determinado compuesto con respecto a la biomasa considerada, otros factores considerados en este estudio son: el índice de área, la temperatura foliar y la radiación solar.

Para modelar las emisiones biogénicas de COV y las emisiones edáficas de NO_x se estimaron con un modelo biogénico desarrollado por la Comisión para la Calidad Ambiental de Texas (Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ). Este modelo, denominado Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, versión 3 (Global Biosphere Emission and Interactions System, GloBEIS3), se basa en modelos previos elaborados por la EPA, y es el más avanzado para la estimación de emisiones biogénicas que puede utilizarse en una computadora personal. Los conjuntos de datos para la modelación son:

1) Definición de dominio.- municipio de Puebla.

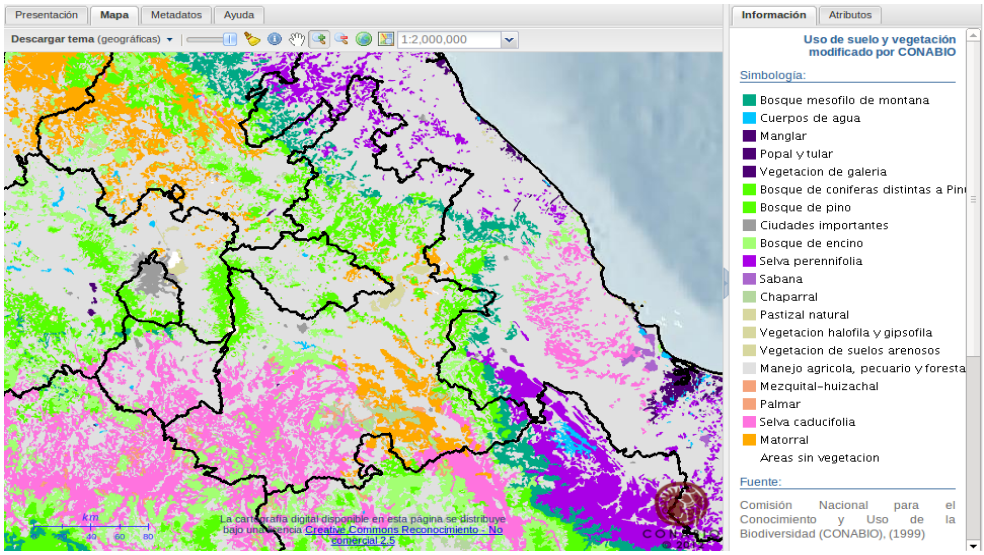
2) Datos meteorológicos.- A Partir de las estaciones de monitoreo disponibles en el Estado de Puebla SMN (Servicio Meteorológico Nacional – 2011).

3) Datos de uso del suelo.- Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO.

Figura 5.33 *Estaciones Climatológicas en operación en el municipio de Puebla.*

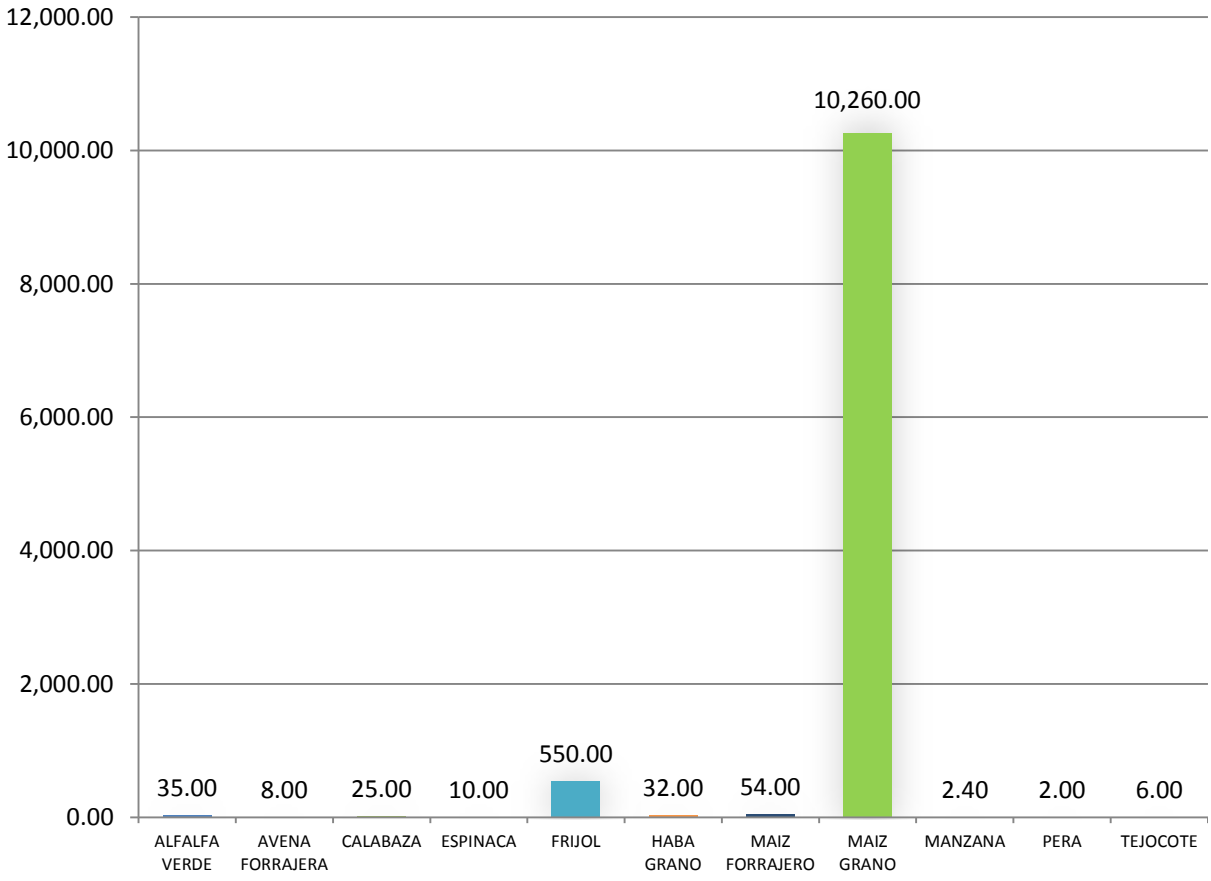
Fuente: *CONAGUA, 2013.*

Figura 5.34 *Usos de suelo y vegetación del Estado de Puebla.*



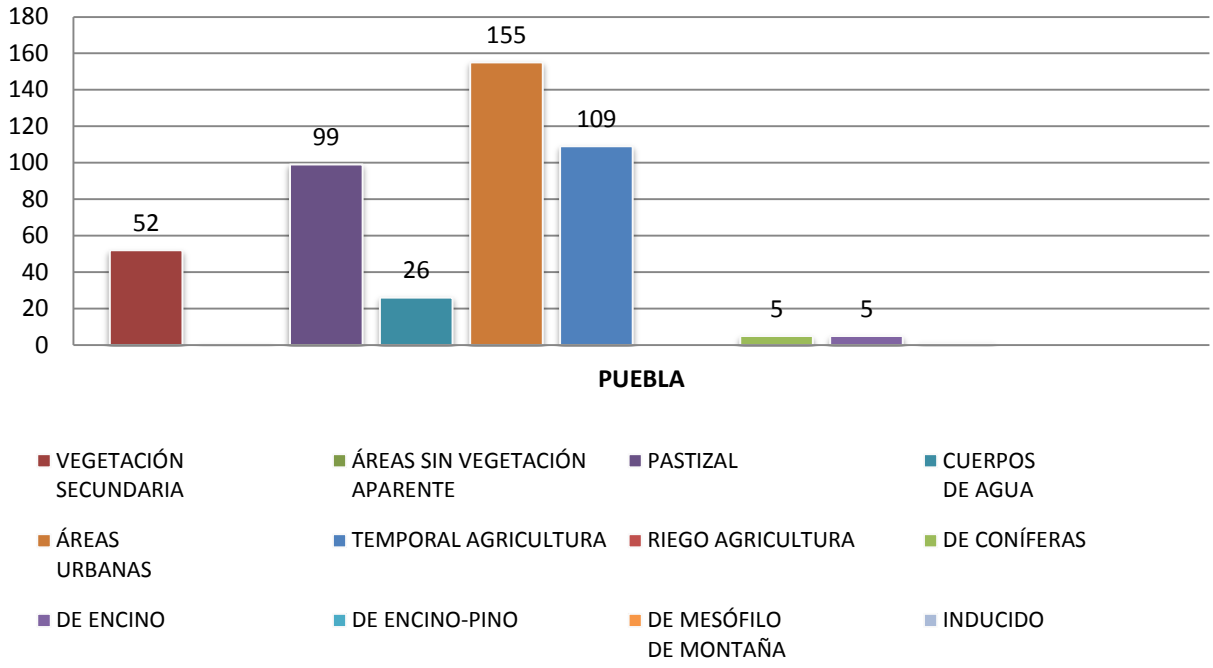
Fuente: *CONABIO, 2012.*

Figura 5.35 *Cultivos del municipio de Puebla.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

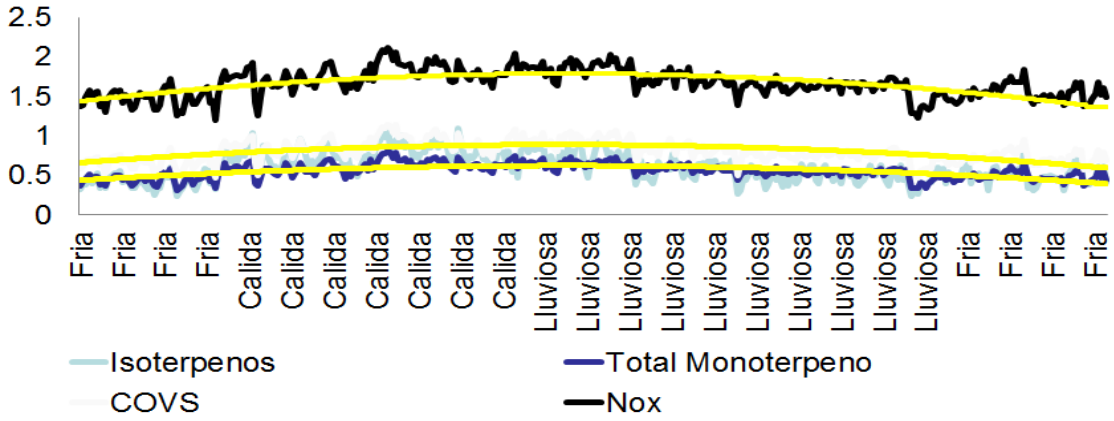
Figura 5.36 *Uso de suelo municipio de Puebla.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Resultados.

Figura 5.37 *Comportamiento anual Fuentes Naturales municipio de Puebla (ton).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 5.22 *Resultados de contaminantes (Ton/año).*

Contaminante	Resultado ton/año
Isoprenos	201.2
Monoterpenos	196.9
COVs	269.6
NO_X	589.5
NH_3	N/A
TOTAL	**1,257.2**

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

COV's

Los COV's constituyen una parte fundamental en las emisiones a la atmósfera, ya que estos compuestos pueden interactuar con los componentes provenientes de la actividad antropogénica, produciendo Ozono a escala regional.

NO_x

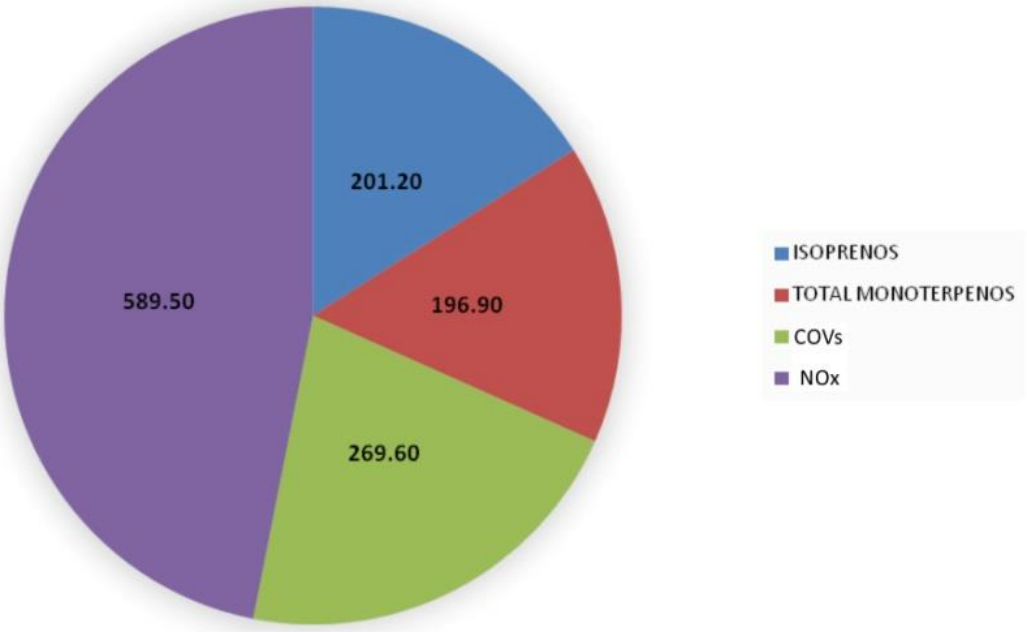
Los óxidos de nitrógeno que son producidos por las industrias, también son producidos en los procesos de nitrificación y desnitrificación de los árboles, esté participa de forma activa en la formación de ozono.

Monoterpenos

En el caso de los Monoterpenos pueden reaccionar con el vapor de agua para dar lugar a ácidos orgánicos débiles que son depositados en la superficie del suelo con el agua de lluvia afectando la química del suelo.

A nivel internacional se ha reconocido que el total de emisiones de COV's, generadas por fuentes biogénicas contribuyen hasta en 20%, y que además por el tipo de compuestos que emiten, participan en la formación de smog fotoquímico (ozono) en las zonas urbanas, en presencia de óxidos de nitrógeno, radiación solar (Comisión Ambiental Metropolitana México, 2001).

Figura 5.38 *Fuentes naturales todo el año.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Erosión del Suelo

La incidencia de la erosión del suelo ocasionada por la velocidad del viento, se ve influenciada casi siempre por la disminución de la cubierta vegetal, originado por el sobrepastoreo o a causa de la eliminación de la vegetación para usos domésticos o agrícolas.

De acuerdo con la SEMARNAT, los principales procesos de degradación que se presentan en los suelos del país son, la erosión hídrica, que afecta el 57 % del territorio y la erosión eólica presente en el 23 % de la superficie nacional. La erosión eólica es una fuente generadora de partículas suspendidas y, en particular, las PM 10 son un contaminante de gran importancia en la ciudad de Puebla.

Las partículas se originan de una gran variedad de fuentes antropogénicas fijas y móviles, pero también son de origen geológico. Estas últimas pueden contribuir del orden de 70% a 90% a las emisiones de PM 10 y con 50% a 80% de PM 2.5 (Watson y Chow, 2000), cabe mencionar que están asociadas al uso de suelo y condiciones climáticas del lugar. Debido a esto, en el presente documento se estimaron las PM 10 y PM 2.5 originadas por la erosión eólica.

Metodología

El uso de suelo predominante se clasifican en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y área urbana. Los suelos dominantes son: Leptosol, Cambisol, Feozem, Andosol, Regosol, Vertisol, Arenosol y Alisol, dichos tipos de suelo presentan en general una textura de media a gruesa, compuesta de aproximadamente 50% de arena y en menor proporción limo y arcilla.

Las emisiones de PM 10 generadas por la erosión de suelos se calcularon con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México (Radian International, 1997), con la ecuación modificada de erosionabilidad del suelo, desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (EPA, 1997 en Radian International, 1997). En lo que se refiere a las PM 2.5, se estimaron con base en el perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS, donde se considera que las PM 2.5 representan aproximadamente el 11% de las partículas totales (PST).

Ecuación modificada de erosionabilidad del suelo:

E= (FS) I C K L' V'

Donde:

E = Factor de emisión de partículas suspendidas en [ton/acre/año]
FS = Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento partículas suspendidas [adimensional].
I = Erosionabilidad del suelo [ton/acre/año].
C = Factor climático [adimensional].
K = Factor de rugosidad del suelo [adimensional].
L' = Factor de amplitud del campo sin protección [adimensional].
V' = Factor de cobertura vegetal [adimensional].

Para el factor FS, se tomó el 2.5% considerado para las regiones agrícolas y el 3.8% para caminos sin pavimentar y otras áreas, asimismo, de la cantidad de pérdida de suelo que se suspende aproximadamente el 50% son PM 10.

Debido a que en la ciudad de Puebla existen diferentes tipos de suelo, para la obtención del factor I de erosionabilidad del suelo, se consideraron los más predominantes, los cuales, en general, presentan en su mayor proporción arena y en menor cantidad limo y arcilla. Esto se realizó con base en los tipos de suelo que menciona la CORENADER.

Con base en los factores de erosionabilidad, para este tipo de suelo el valor del factor I es de 56 toneladas/acre/año.

El factor climático C, se calculó con la siguiente ecuación tomando en cuenta la velocidad del viento y de la humedad del suelo. Es importante resaltar que la tasa de movimiento del suelo, varía directamente con la velocidad del viento e inversamente con la humedad de la superficie:

$$C = \frac{(0.345) * V^3}{[115\ \mathrm{S}\ (\mathrm{Pmi}\ /\mathrm{Tmi}\ - 10)^{10/9}\ ]^{\ 2}}$$

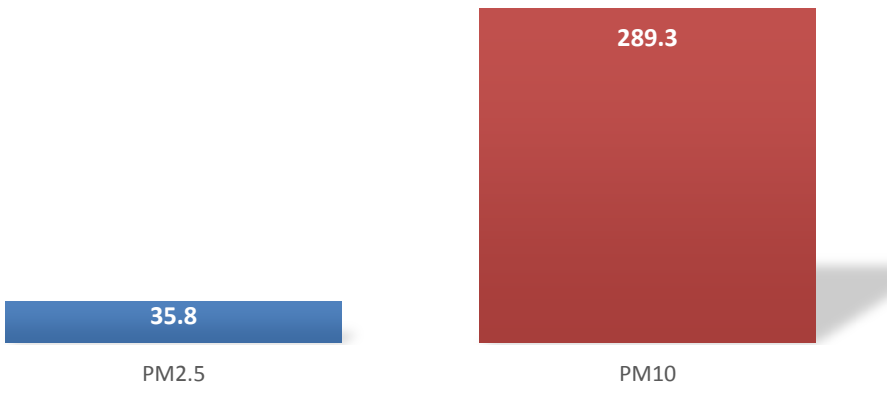
Donde:

V = velocidad promedio del viento, corregido a 10 metros [millas por hora].
Pm = precipitación mensual [pulgadas].
Tm = temperatura promedio mensual [grados Fahrenheit].

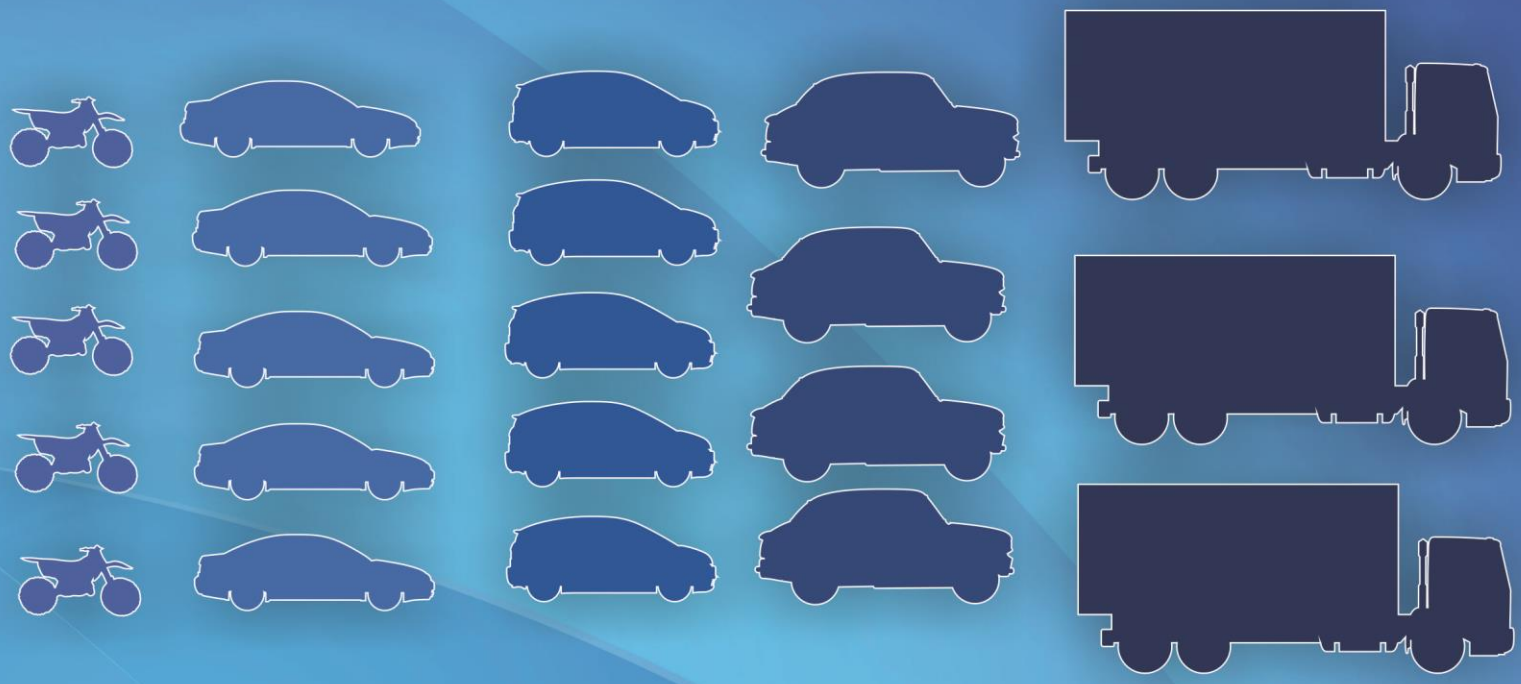
El factor de rugosidad del suelo (K), está dado por la reducción en la erosión eólica a causa de la presencia de cerros, lomas, canales, surcos, entre los principales. Cuando la presencia de estos factores es mínima, como es el caso de la zona de estudio, se estima un valor de rugosidad de 1, para el caso de las áreas agrícolas y debido a que el cultivo predominante en la zona es el maíz, se utilizó un valor de 0.6.

El factor de amplitud de campo sin protección (L´) se fundamenta en el producto de los factores de erosionabilidad (I) y rugosidad (K). Con base en la tabla de valores respectiva (USEPA, 1997) se determina la amplitud de campo (L), tomando como referencia las curvas de efecto de la longitud de campo sobre la tasa de emisión relativa. Se tomó un valor de 0.76 para las áreas de cultivos y de 0.32 para áreas con un uso diferente al agrícola (USEPA, 1997; Návar y Treviño 1997[1]). El factor V' se tomó considerando V´= 1 cuando el suelo no tiene cobertura vegetal y V´= 0.5 si existe cobertura vegetal.

Figura 5.39 *Emisiones totales de PM 2.5 y PM 10 por erosión del municipio de Puebla (Ton/Año).*



Fuente: *Elaboración propia CEEA.*



6

Aforo y velocidad promedio de circulación del municipio de Puebla

6. Aforo y velocidad promedio de circulación del municipio de Puebla

En esta sección se detalla el trabajo realizado y los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto "Aforo vehicular y determinación de la velocidad promedio de circulación en el municipio de Puebla", que se realizó de octubre a diciembre de 2013.

El transporte motorizado es fundamental para el flujo de personas y mercancías que posibilita el desarrollo económico y la calidad de vida. Sin embargo, tiene un costo significativo al ambiente y a la salud humana. En los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el transporte terrestre es el responsable de gran parte de los impactos negativos a la salud humana y al ambiente.

Cabe mencionar que el transporte terrestre consume el 80% de la energía consumida por dicho sector, siendo además el principal causante de accidentes y el responsable de la mayoría de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, del ruido y de la degradación del hábitat.

Actualmente, la gran mayoría de las ciudades se enfrentan a serios problemas de transporte urbano debido al número creciente de vehículos en circulación, y el municipio de Puebla no es la excepción, reportando un parque vehicular de 566,383 unidades en 2011.

La circulación vehicular impacta de manera directa en los siguientes ámbitos:

- **Social:** Una apropiada circulación vehicular es indispensable para la movilidad y las interrelaciones humanas.
- **Económico:** Problemas de circulación vehicular afectan el traslado de las mercancías, bienes y suministros, así como el traslado del personal a sus centros laborales.
- **Ambiental:** Los vehículos automotores son la principal fuente de emisiones contaminantes a la atmósfera en zonas urbanas, ya que proporcionan alrededor del 80 % del total de las emisiones.
- **Salud:** Una gran cantidad de estudios han demostrado que la mala calidad del aire afecta directamente la salud de la población.

Con fundamento en lo anterior, en el municipio de Puebla se debe poner especial atención en la optimización y caracterización del flujo vehicular. Lo anterior permitirá a corto plazo detectar las zonas urbanas conflictivas de circulación, además de ser sustento para la construcción de estrategias que permitan ordenar el flujo vehicular.

En este sentido, lo primero es conocer de manera precisa el aforo en las vialidades más significativas del municipio de Puebla, lo que dotará el fundamento técnico de las acciones orientadas a la reorganización de vialidades para el transporte particular, la restructuración de las rutas del transporte público, así como la reorganización y construcción de vialidades. Adicionalmente, el contar con aforos y velocidades promedio, permitirá tener datos de actividad para el desarrollo de inventarios de emisiones más precisos y con una mejor resolución espacial y temporal.

Objetivo General

Identificar el aforo vehicular y la velocidad de circulación en quince vialidades representativas del municipio de Puebla.

Objetivos Particulares

1. Realizar el conteo de vehículos que circulan en las vialidades seleccionadas.
2. Clasificación de los vehículos que circulan en las vialidades seleccionadas en seis categorías: 1) Automóvil ligero; 2) Camioneta; 3) Autobús; 4) Microbús; 5) Camión; 6) Motocicleta.
3. Analizar las velocidades de circulación en cada una de las vialidades consideradas en el proyecto, así como estimar la velocidad promedio en todo el municipio.
4. Identificar los tiempos muertos para cada una de las 15 vialidades consideradas.

Vialidades seleccionadas

Las vialidades contempladas para este proyecto se seleccionaron en función de ser vías de interconexión municipal y de alto volumen vehicular, de longitud mayor a tres kilómetros. En su mayoría con más de dos carriles en ambos sentidos y se caracterizan por ser las que presentan los mayores problemas de tránsito (tabla 6.1).

Tabla 6.1 *Vialidades seleccionadas.*

Id	Vialidad
1	Boulevard 5 de Mayo
2	Boulevard Hermanos Serdán
3	Boulevard Atlixco
4	Calzada Ignacio Zaragoza
5	Vía Atlixcáyotl
6	Avenida Xonacatepec
7	Avenida 14 Oriente-Independencia
8	Boulevard Xonaca
9	Boulevard Valsequillo
10	Avenida 16 de Septiembre
11	Prolongación Reforma
12	Prolongación 11 Norte-Sur
13	Avenida Carmen Serdán
14	Avenida 31 Oriente – Poniente
15	Periférico en municipio Puebla

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Metodología

La metodología empleada para recabar los datos correspondientes al aforo vehicular y a la velocidad de circulación en las 15 vialidades consideradas en el estudio, se realizó a través de "*datos de actividad"* obtenidos directamente por análisis y captura de datos en campo, que consiste en obtener los volúmenes de tránsito a través de conteos vehiculares realizados por personal directamente en las vialidades bajo estudio.

Este método permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo y otras características, generalmente el personal de campo registra los datos en formatos diseñados específicamente para un aforo en particular, en este caso se desarrollaron aplicaciones (hardware) para facilitar dicha captura.

6.1 Caracterización del parque vehicular

La caracterización de los vehículos para el estudio se dividió en las seis categorías que se describen a continuación.

1. **Automóviles Ligeros.-** Son todos aquellos vehículos con motor de 4, 6, 8 ó 12 cilindros, destinado al transporte de hasta diez personas, con peso bruto vehicular que va de 820 a 2,200 kg; la distancia entre ejes oscila entre 2,475 a 3,000 mm. Dentro de esta categoría se incluyen los vehículos compactos, los subcompactos, los de lujo, los deportivos así como los taxis (figura 6.1).

Figura 6.1 *Clasificación de Automóviles ligeros.*

Fuente: *Fotos CEEA & cochesyconcesionarios.com.*

2. **Camionetas.-** Son vehículos automotores de cuatro llantas con o sin chasis, destinados al transporte de mercancías de menos de 2.0 toneladas o el transporte de máximo de 10 personas. Su longitud va de 2.0 a 2.4 metros, la anchura de 1.4 a 1.8 metros y la altura de 1.0 a 2.0 metros. Dentro de esta categoría se incluyen las Minivans, las SUV´s, las Vans, los camiones panel y las Pick ups (figura 6.2).

Figura 6.2 *Clasificación de Camionetas.*

Fuente: *Fotos CEEA & cochesyconcesionarios.com.*

3. **Autobuses.-** Son vehículos automotores diseñados y equipados específicamente para el transporte público o privado de personas. Dichos vehículos cuentan con 6 o más llantas, su capacidad va de los 10 a los 50 pasajeros y su peso bruto vehicular va desde 6.0 hasta 15.0 toneladas (figura 6.3).

Figura 6.3 *Tipos de autobuses.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

4. **Microbuses.-** Son vehículos diseñados y equipados específicamente para el transporte público o privado de personas que pueden transportar hasta 30 pasajeros. La longitud de dichos vehículos ronda los 6.0 metros y su peso bruto vehicular va de los 4.5 a las 6.0 toneladas (figura 6.4).

Figura 6.4 *Tipos de microbuses.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

5. **Camiones.-** Son vehículos con chasis de seis o más llantas destinado al transporte de carga, con peso bruto vehicular de 3.5 toneladas en adelante. En esta categoría se incluyen: 1) los camiones de tamaño medio sin remolque o semirremolque, cuya capacidad de carga va de las 2.0 a las 13.0 toneladas y con longitud entre 3.5 a 6.5 metros; 2) los camiones pesados de carga, generalmente destinados al transporte de mercancías o para aplicaciones de la industria de la construcción, con peso bruto vehicular de más de 15.0 toneladas y mayores a 7.0 metros de largo (figura 6.5).

Figura 6.5 *Tipos de Camiones.*

Fuente: *Fotos CEEA & cochesyconcesionarios.com.*

6. **Motocicletas.-** Incluye vehículos de dos a cuatro ruedas provistos de un motor de cilindrada superior a 50 cm^3 (figura 6.6). Esta categoría incluye a las motocicletas tradicionales de dos ruedas, a las motocicletas con sidecar (vehículo de tres ruedas asimétricas respecto a su eje) y a las cuatrimotos (vehículo motor de cuatro ruedas).

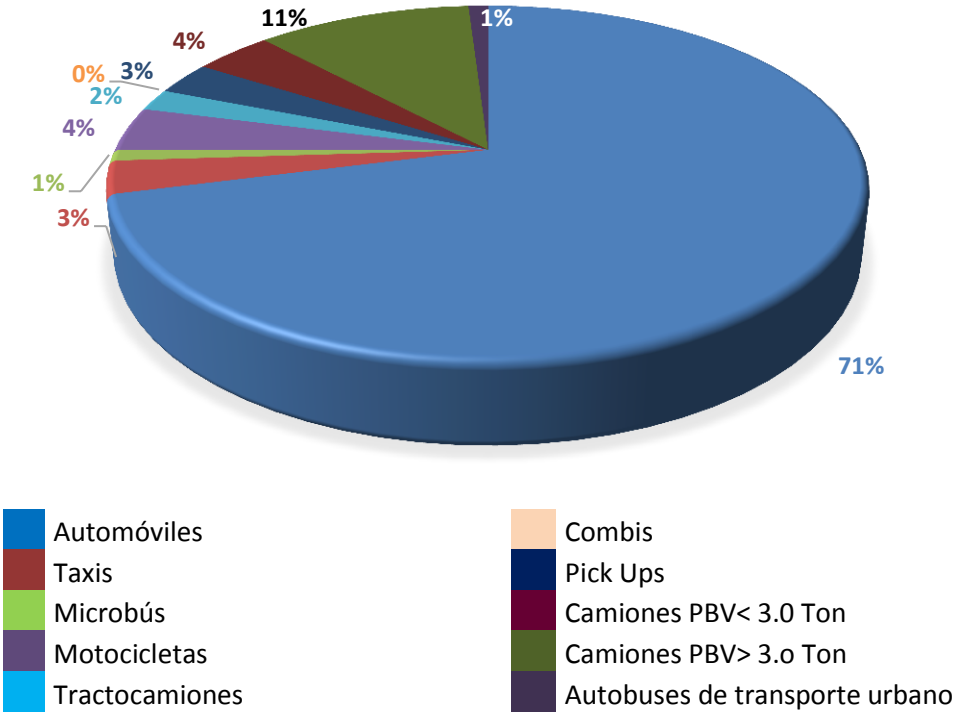
Figura 6.6 *Tipos de motocicletas.*

Fuente: *cochesyconcesionarios.com.*

Caracterización del parque vehicular del municipio de Puebla

De acuerdo con los datos del Registro Estatal Vehicular, el municipio de Puebla, hasta el año 2011, contaba con un parque vehicular total de 566,383 vehículos automotores. De los cuales el 71% se debe a vehículos particulares, el 11% a autobuses y el 18% al resto de categorías (figura 6.7).

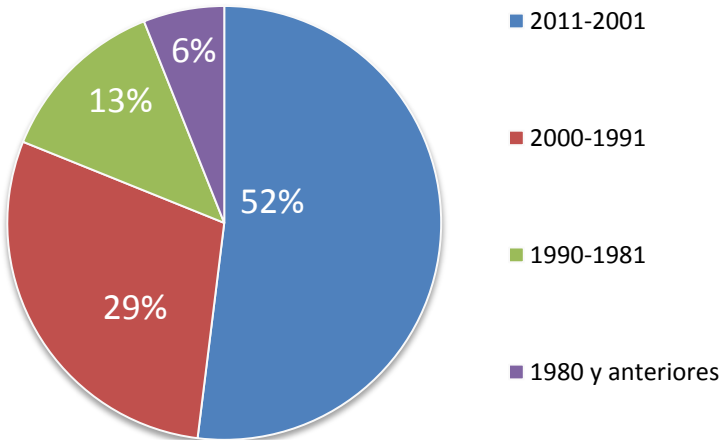
Figura 6.7 *Total de vehículos automotores.*



Fuente: *Datos obtenidos de Registro Estatal Vehicular Puebla 2011.Elaboración propia CEEA.*

En lo que respecta a los modelos vehiculares, el municipio de Puebla cuenta en un 52% con vehículos de modelo 2001-2011, y tan solo un 6% corresponde a los vehículos de modelo anteriores al 80 (figura 6.8).

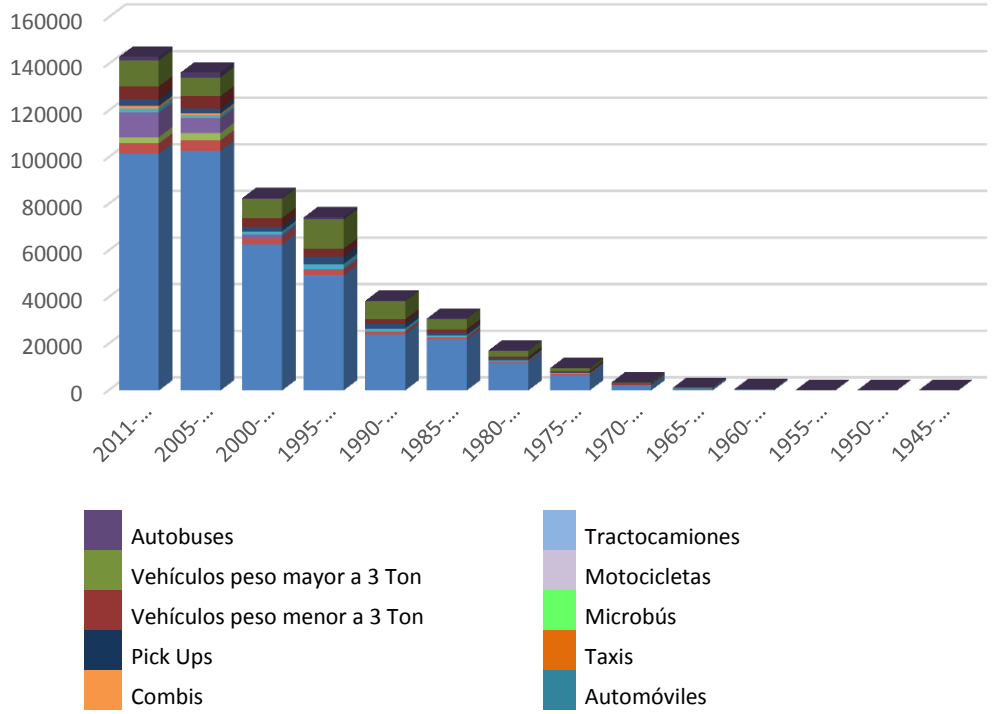
Figura 6.8 *Porcentaje de vehículos por modelo.*



Fuente: *Datos obtenidos de Registro Estatal Vehicular Puebla 2011.*
Elaboración propia CEEA.

En la figura 6.9, se presenta el parque vehicular por año modelo y categoría. Se puede observar que el cambio más notable y sobresaliente se lleva a cabo en los años 1990 a 1991 y del año 2000 a 2001, en los cuales se tiene mayor cantidad de vehículos con respecto a sus antecesores respectivamente.

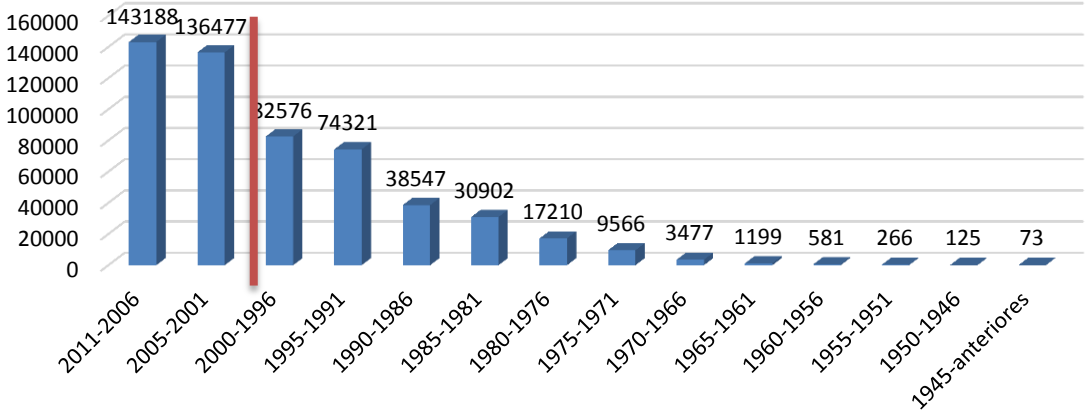
Figura 6.9 *Gráfica número de vehículos vs año modelo.*



Fuente: *Datos obtenidos de Registro Estatal Vehicular Puebla 2011. Elaboración propia CEEA.*

La antigüedad del año modelo del parque vehicular que se tiene para el municipio de Puebla corresponde a los vehículos de año modelo 2000, como se muestra en la siguiente ilustración:

Figura 6.10 *Antigüedad Promedio.*



Fuente: *Datos obtenidos de Registro Estatal Vehicular Puebla 2011.*
Elaboración propia CEEA.

La anterior gráfica (figura 6.10) indica que la "antigüedad promedio" del parque vehicular es de 11 años, si la línea base de estudio es 2011; esto muestra que el modelo promedio de los vehículos es

del año 2000. Si se considera que las especificaciones técnicas de los vehículos en planta establecen en su mayoría como eficiencia de un vehículo 100 mil kilómetros, y considerando que en promedio se recorren 15 mil kilómetros por año, entonces los vehículos con "buena eficiencia" deberían ser aquellos que están entre los modelos 2004 a la fecha.

Si analizamos el porcentaje de los vehículos anteriores al 2004, estos son 337,430 lo que equivale al 59% del total del parque vehicular en Puebla. Claro es que el mantenimiento es elemento clave de la calidad y condiciones de los vehículos. No obstante, la antigüedad siempre juega un papel fundamental, de ello deriva la depreciación de los mismos. Cabe señalar que en su gran mayoría, la gente que tiene un vehículo anterior al 2004 no es porque le gusten los carros antiguos, es porque no se tiene la capacidad económica para adquirir un vehículo de reciente modelo, cuanto más, el mantenimiento no es el óptimo, lo que incide en mayor gasto energético, económico y mayor emisión de contaminantes a la atmósfera.

6.2 Aforo

El aforo vehicular es el conteo de vehículos de manera cualitativa y cuantitativa en un determinado lugar y tiempo; lo que permite conocer cuántos vehículos y tipo circulan por determinada vialidad. Para el presente estudio se caracterizó el volumen y flujo del parque vehicular durante diferentes horarios, lo que se denomina datos de actividad, que a continuación se describen estas actividades realizadas.

Datos de actividad

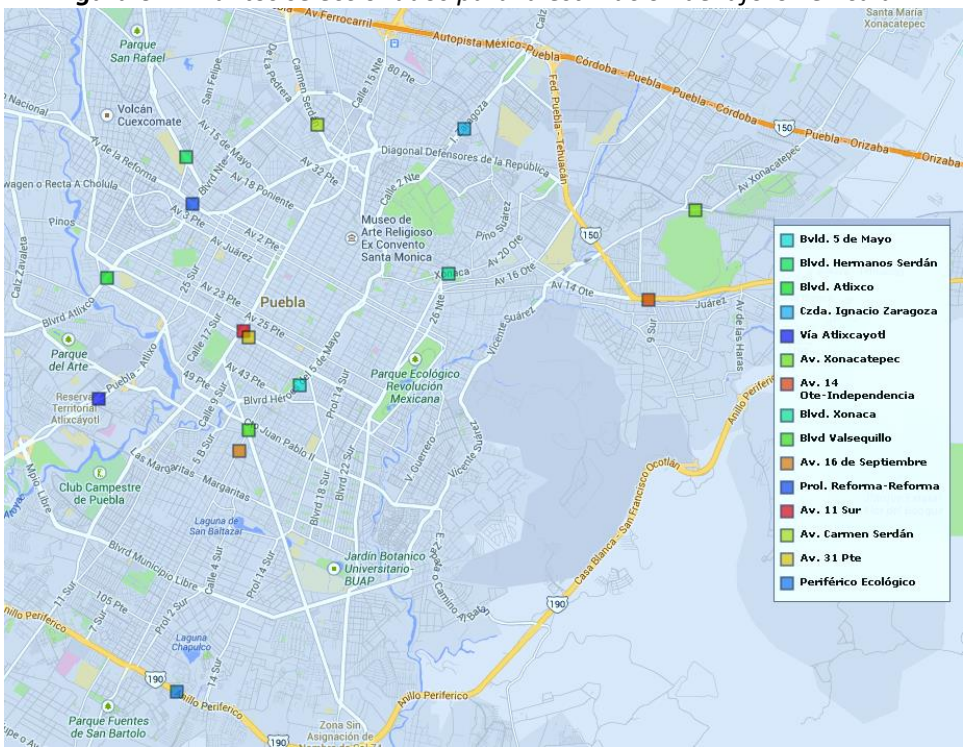
Actividad 1: Caracterizar el volumen/flujo de vehículos que circulan en cada vialidad de las 07:00 a las 22:00 hs. Para cada vialidad se consideraron dos días entre semana: el primer día, el conteo se realizó de las 06:00 a las 15:00 hs y el segundo día se enfocó en recabar la información de las 15:00 a las 22:00 hs. Es importante señalar que para la caracterización del volumen/flujo de vehículos, se consideraron ambas direcciones para cada vialidad. La tabla 6.2 presenta las direcciones consideradas para cada vialidad, asimismo, en la figura 6.11 se muestra un mapa indicando los puntos seleccionados para llevar a cabo el conteo del aforo en cada vialidad.

Tabla 6.2. *Vialidades consideradas en el proyecto y sus direcciones correspondientes.*

Id	Vialidad	Dirección X	Dirección Y
1	Boulevard. 5 de Mayo	Norte	Sur
2	Boulevard. Hermanos Serdán	Autopista	CAPU
3	Boulevard. Atlixco	Norte	Sur
4	Calzada Ignacio Zaragoza	Centro	Estadio
5	Vía Atlixcáyotl	Atlixco	Puebla
6	Av. Xonacatepec	Puente Xonacatepec	Centro
7	Av. 14 Oriente-Independencia	Tehuacán	Puebla
8	Boulevard. Xonaca	Boulevard. 5 de Mayo	Alpha 3
9	Boulevard. Valsequillo	11 Sur	BUAP
10	Av. 16 de Septiembre	Sur	Norte
11	Prol. Reforma	Centro	Forjadores
12	Av. 11 Norte-Sur	Norte	Sur
13	Av. Carmen Serdán	CAPU	Atlixco
14	Av. 31 Oriente - Poniente	Plaza Dorada	Animas
15	Periférico en municipio Puebla	Valsequillo	Autopista

Fuente: *Datos obtenidos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Gobierno del Estado de Puebla y H. Ayuntamiento de Puebla. Elaboración propia CEEA.*

Figura 6.11 *Puntos seleccionados para la estimación del aforo vehicular.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Actividad 2: Para 8 vialidades se utilizó un procedimiento similar a la actividad uno para recabar el volumen/flujo de vehículos en los fines de semana, aunque sólo se caracterizaron de 10:00 – 18:00 hs y sólo se consideraron los días sábado, además para cada vialidad, ambas direcciones fueron tomadas en cuenta (tabla 6.3).

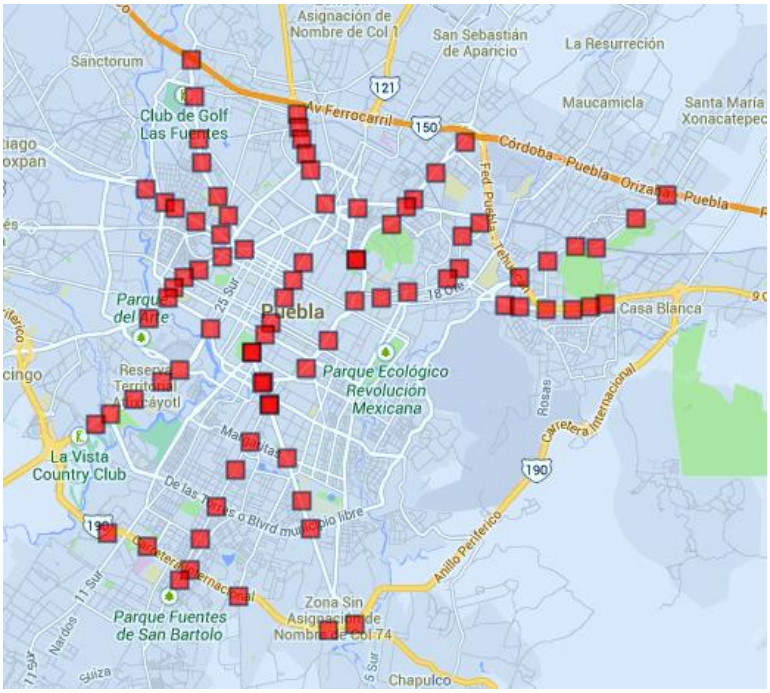
Tabla 6.3 *Vialidades consideradas para el conteo sabatino.*

Id	Vialidad
1	Boulevard. 5 de Mayo
2	Boulevard. Hermanos Serdán
3	Boulevard. Atlixco
4	Vía Atlixcáyotl
5	14 Oriente-Independencia
6	Boulevard. Valsequillo
7	Av. 31 Oriente - Poniente
8	Periférico en municipio Puebla

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Actividad 3: Consiste en caracterizar el flujo vehicular en ambos sentidos en seis diferentes puntos a lo largo de cada una de las vialidades de la tabla 6.1 para días entre semana. Específicamente se consideraron sesiones de conteo de cuarenta minutos en cada uno de los puntos seleccionados a lo largo de la vialidad. En la figura 6.12 se presenta el mapa correspondiente en el que se indican los diferentes puntos seleccionados para el conteo multipunto.

Figura 6.12 *Puntos seleccionados para el conteo multipunto.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Actividad 4: Consistió en instalar una unidad de monitoreo de velocidad georreferenciada en un vehículo utilitario que recorrió cada una de las vialidades de la tabla 6.1 considerando días entre semana, así como los fines de semana.

Actividad 5: Consistió en la instalación de una unidad de monitoreo, de velocidad georreferenciada, en taxis y a su vez en registrar su velocidad de circulación. Dicha actividad no requirió de la intervención del personal operario del taxi.

Actividad 6: Englobó a todas las tareas enfocadas al proceso de la información, su análisis y presentación de los resultados correspondientes a través de cuatro tareas específicas. La primera tarea se enfocó en la generación de una base de datos en Excel que contiene los datos recabados durante el conteo y clasificación de los vehículos en sus tres modalidades diferentes (entre semana, sabatino, multipunto).

La segunda tarea se enfocó en generar dos bases de datos con los resultados obtenidos para la estimación de la velocidad de circulación promedio. La primera base de datos en formato de Excel, mientras que la segunda se entregó en un formato compatible con software de sistemas de información geográfica (archivos KML). La tercera tarea se enfocó en el análisis estadístico de la información recabada utilizando técnicas tradicionales de procesamiento de información georreferenciada. Finalmente, la cuarta tarea se centró en la elaboración de un reporte en el que se resumieron los resultados del proyecto.

Equipo utilizado

El equipo utilizado para llevar a cabo el conteo y clasificación vehicular, así como la estimación de la velocidad promedio de circulación, consistió de dos tipos de dispositivos. Los primeros están

orientados exclusivamente al aforo vehicular, mientras que los segundos están enfocados en la obtención de los datos de velocidad de circulación. Para los dos casos, se desarrolló equipo propio.

Equipo de unidad semiautomática de conteo y caracterización vehicular

Esta unidad consiste básicamente en un dispositivo electrónico, tipo calculadora, con seis botones de uso específico en el que cada botón está relacionado a la cuenta de una de las seis subcategorías de vehículos. Cuando el usuario presiona un botón específico, el contador correspondiente se resguarda.

Cada determinado periodo de tiempo, los valores de los seis contadores se almacenan en un archivo de texto que se guarda en una memoria micro SD. Este dispositivo incluye un microcontrolador, un display de cristal líquido, una tarjeta SD, un teclado matricial y una batería recargable. En la figura 6.13 y en la figura 6.14 se muestra el esquema y la versión desarrollada de este dispositivo. Esta unidad es portátil y requiere de recarga periódica de las baterías.

Figura 6.13 *Esquema de la unidad semiautomática de conteo vehicular desarrollo CEEA - BUAP.*

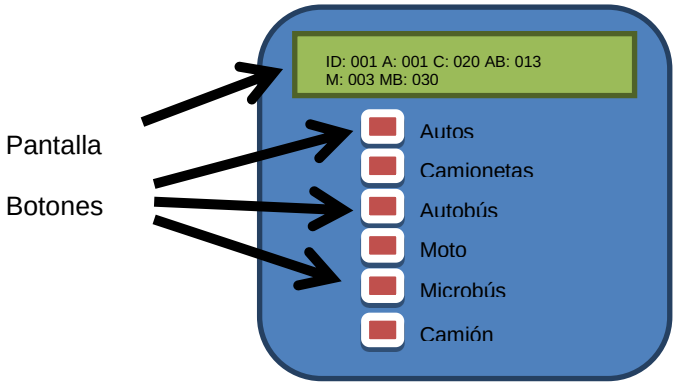


Figura 6.14 *Unidades semiautomáticas.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Unidades de monitoreo de velocidad de circulación

Dos tipos de dispositivos fueron utilizados para el monitoreo de la velocidad de circulación. El primero de ellos es un equipo electrónico con dimensiones un poco mayores a un teléfono celular, que se conecta a la salida/cargador eléctrico del vehículo. Dicho equipo consiste básicamente en un módulo de posicionamiento satelital (GPS) que cada segundo almacena datos de latitud, longitud y velocidad en una memoria micro SD.

El segundo dispositivo se conecta a la computadora del vehículo vía interface OBDII para acceder a los datos de velocidad del vehículo almacenados en su computadora y los transfiere en una memoria tipo no volátil. En la figura 6.15 y en la figura 6.16 se presentan los dos módulos de posicionamiento satelital GPS considerados y el módulo OBDII.

Figura 6.15 *Unidad de monitoreo de velocidad de circulación georreferenciada.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

Figura 6.16 *Unidad de monitoreo de velocidad de circulación basada en OBDII.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

Aforo diario por vialidad

En la tabla 6.4 se muestran los datos obtenidos por la caracterización del aforo para las 15 vialidades censadas, así como los totales diarios, tanto por tipo de vehículo como por vialidad. Se observa que el total diario de automóviles circulantes por el municipio de Puebla es 240% mayor que el de camionetas, siendo éstas el segundo medio de transporte más utilizado en el municipio, seguido por autobuses, microbuses, motocicletas y camiones.

Tabla 6.4 *Aforo diario por vialidad, desglosado por tipo de vehículo (considerando ambas direcciones).*

Vialidad	Automóvil	Camioneta	Autobús	Microbús	Camión	Motocicleta	Total
Boulevard. 5 de Mayo	38,844	16,472	2,761	3,377	306	872	62,632
Boulevard. Hermanos Serdán	26,077	12,166	172	58	297	417	39,187
Boulevard. Atlixco	36,800	16,215	354	130	259	724	54,482
Calzada Ignacio Zaragoza	25,990	11,755	1,864	1,693	450	741	42,493

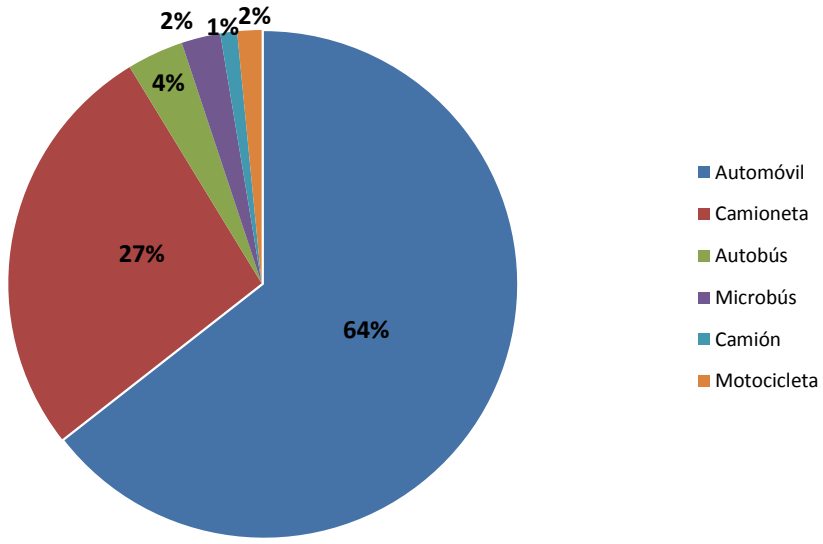
Vía Atlixcáyotl	84,997	32,531	2,177	1,987	753	1,533	123,978
Av. Xonacatepec	14,386	6,696	931	1,310	296	471	24,090
14 Ote-Independencia	23,209	12,828	2,915	1,146	1,400	941	42,439
Boulevard. Xonaca	13,824	6,144	2,352	1,677	176	518	24,691
Boulevard Valsequillo	25,461	9,958	2,290	575	267	731	39,282
Av. 16 de Septiembre	20,055	6,472	948	768	146	664	29,053
Prol. Reforma-Reforma	22,670	11,614	863	1,582	408	875	38,012
Av. 11 Norte-Sur	20,742	7,151	1,019	290	139	523	29,864
Av. Carmen Serdán	37,928	17,550	6,347	2,648	915	837	66,225
Av. 31 Ote.-Pte.	28,971	9,163	435	108	161	655	39,493
Periférico Ecológico	48,525	18,413	869	754	1,795	736	71,092
Total	468,479	195,128	26,297	18,103	7,768	11,238	727,013

Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Al analizar el aforo total por vialidad, se identificó que la Vía Atlixcáyotl es la más transitada, siendo la única que rebasó el tránsito de cien mil vehículos diarios en circulación; el Periférico-Ecológico la segunda en magnitud, rebasando los setenta mil vehículos diarios; y las que registran menor transito son avenidas como Xonacatepec, Boulevard Xonaca, 16 de Septiembre y 11 Norte – Sur, con alrededor de treinta mil vehículos circulando diariamente.

Cabe señalar que los resultados de la tabla 6.4 han sido obtenidos durante el periodo semanal que comprende los días lunes a viernes; los datos de los días sábado se presentarán más adelante.

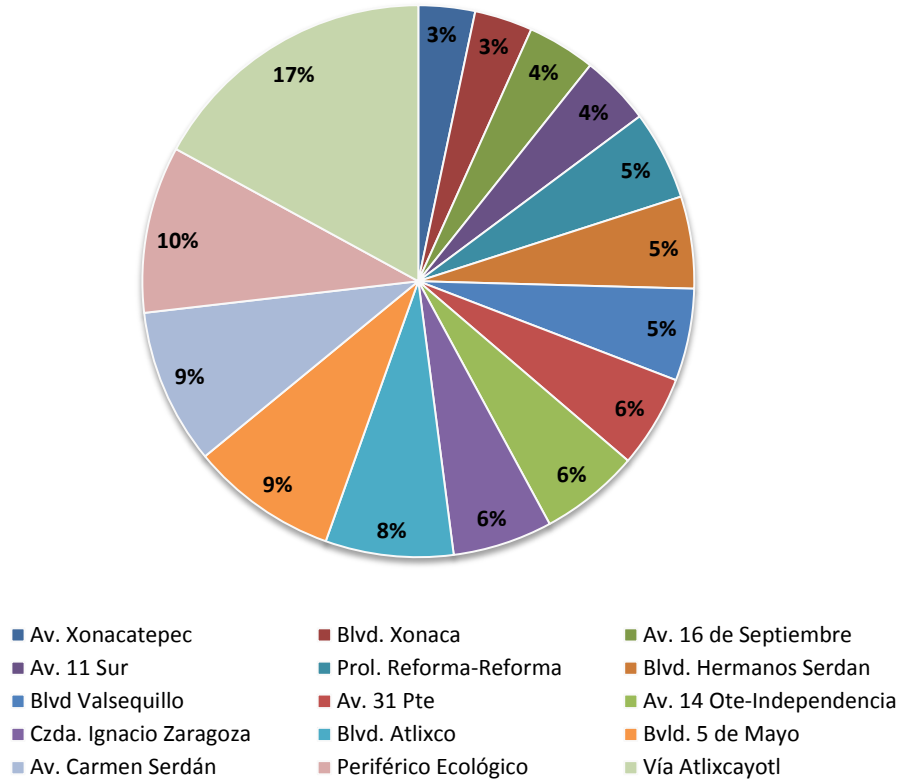
Figura 6.17 *Aforo total diario en porcentaje para días entre semana desglosado por tipo de vehículo.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La figura 6.17 muestra el aforo diario por tipo de vehículo desglosado en la tabla 6.4. De un total de 727,013 vehículos, el 64% corresponde a automóviles; el 91% del total del aforo diario corresponde únicamente a las dos categorías más extensas que son automóviles y camionetas, el 9% restante está integrado por autobuses, microbuses, camiones y motocicletas.

Figura 6.18 *Aforo total diario en porcentaje para días entre semana desglosado por vialidad.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

El análisis de aforo diario total por vialidad se presenta en la figura 6.18, así como los porcentajes correspondientes a cada uno. Los datos se presentan en orden creciente, comenzando con la avenida Xonacatepec (la menos recorrida, con un aforo apenas superior a veinte mil vehículos diarios) y el Boulevard Xonaca, cada uno representa únicamente el 3% del aforo total. A la Vía Atlixcáyotl, la más transitada, le corresponde el 17% del total del aforo.

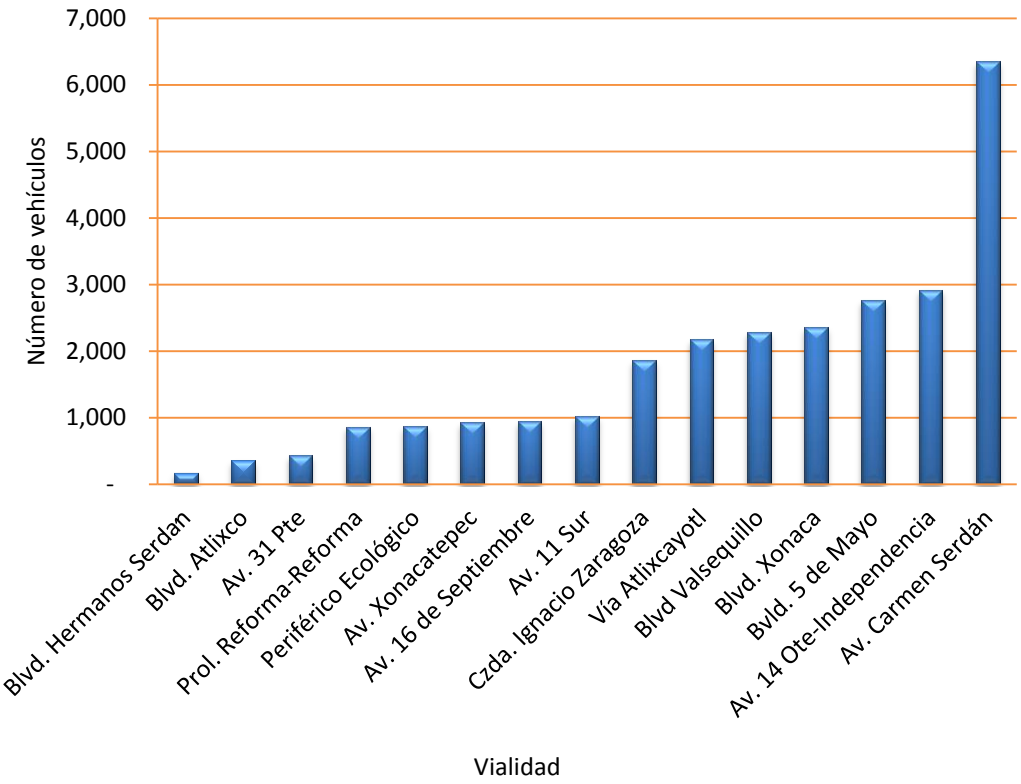
La vía Atlixcáyotl, es la de mayor aforo dado su importancia comercial, seguida por Periférico-Ecológico que conecta los seis municipios que conforman la Zona Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP), estos son: Puebla, Amozoc, Cuautlancingo, Coronango, San Pedro Cholula y San Andrés Cholula.

Una característica significativa derivada del análisis de los datos, es que con apenas 5 vialidades de las 15 consideradas en este proyecto, se cubre más del 50% del total del aforo diario. Es importante considerar este factor para determinar el impacto ambiental de cada una de ellas. Los resultados se resumen en las gráficas siguientes considerando los seis tipos de vehículos.

Aforo de autobuses por vialidad

El primer tipo de vehículos a considerar son autobuses de pasajeros, ocupando el tercer lugar en cuanto a mayor cantidad de vehículos en circulación con 26,297 unidades, cifra que representa el 3.6% del total de vehículos de la muestra de este estudio.

Figura 6.19 *Aforo de autobuses por vialidad.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La Av. Carmen Serdán es la de mayor flujo con 6,347 vehículos circulando diariamente en ambos sentidos, debido a que es ruta de acceso y salida para autobuses federales a la Central de Autobuses del Estado de Puebla.

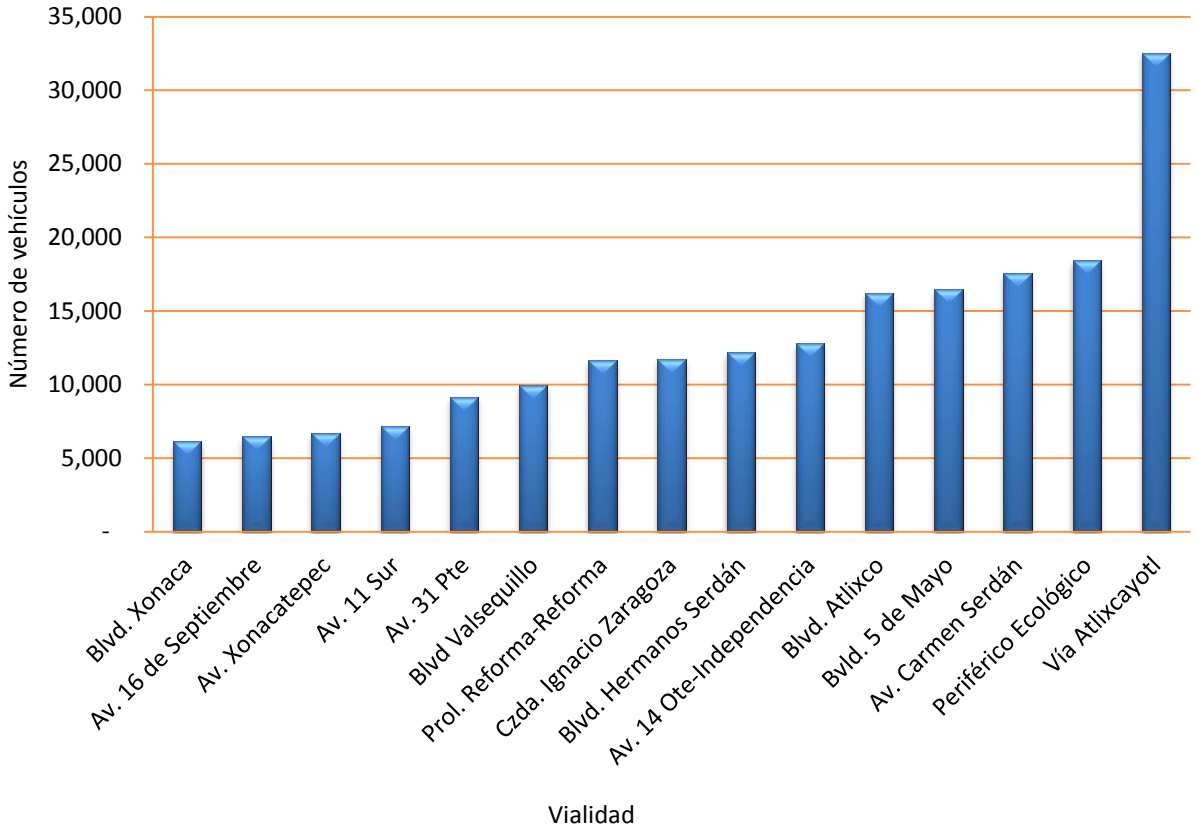
La Avenida 14 Oriente-Independencia es la segunda de mayor afluencia, ya que se encuentran centrales camioneras en el área con 2,915 autobuses en operación, valor que representa únicamente el 46% del tránsito por Av. Carmen Serdán (figura 6.19).

El aforo de los bulevares y avenidas restantes está compuesto mayormente por autobuses de transporte público estatal, siendo los de menor tráfico el Boulevard Hermanos Serdán con 172 autobuses diarios y el Boulevard Atlixco con 354 autobuses circulando.

Aforo de camionetas por vialidad

La segunda categoría de vehículos identificada para el presente estudio es la de Camionetas (figura 6.20), con un total de 195,128 en circulación diaria por el municipio, valor que representa el 26.8% del total de vehículos.

Figura 6.20 *Aforo de camionetas por vialidad, considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

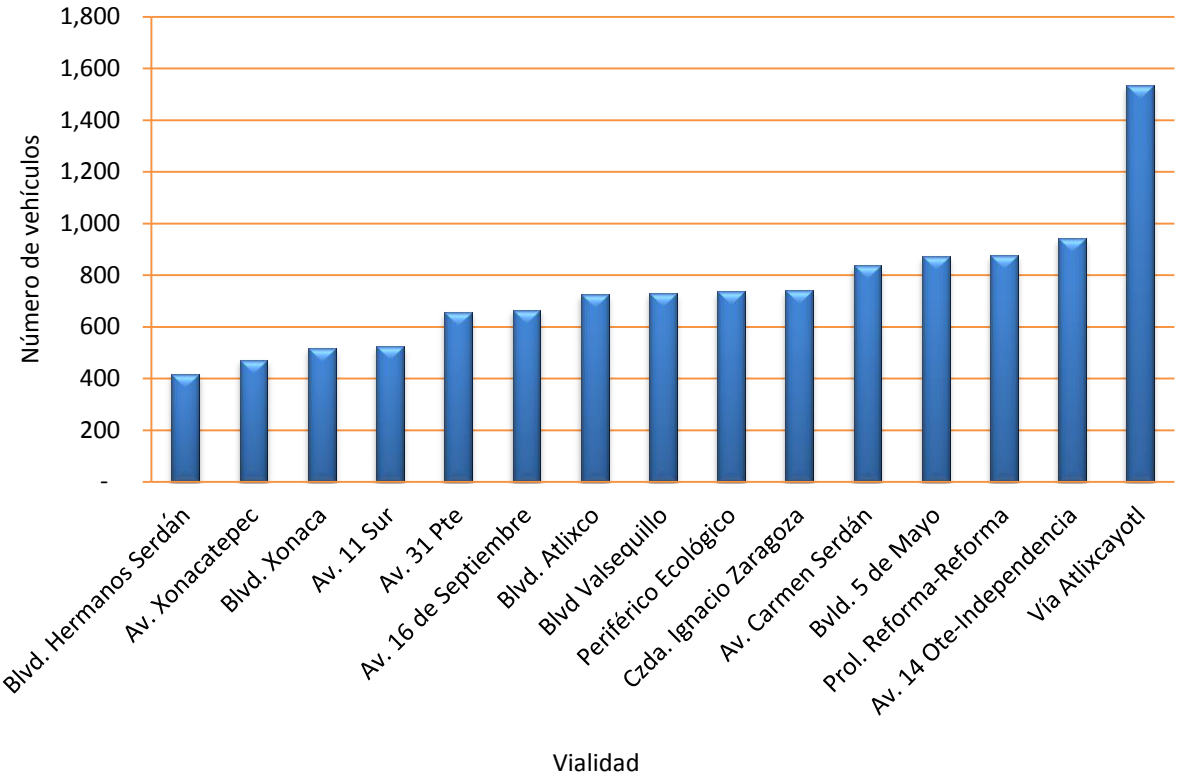
En la gráfica se observa la distribución en la circulación de este tipo de vehículos por las vialidades consideradas. Por la Vía Atlixcáyotl circulan 32,531 unidades, equivalente al 27% de las camionetas censadas en este proyecto, debido a la importancia comercial y nivel socioeconómico de la zona; este porcentaje es elevado si consideramos que la siguiente vialidad con más camionetas, en el municipio, es en el Periférico-Ecológico con 18,413 unidades; equivalente al 56.6% de las que transitan por Vía Atlixcáyotl.

Las vialidades con menor número de camionetas circulando son Boulevard Xonaca, Avenida 16 de Septiembre y Xonacatepec, cada una de ellas con un poco más de 6 mil camionetas transitando al día, esto debido al nivel socioeconómico de la zona.

Aforo de motocicletas

Las motocicletas ocupan el quinto lugar en cuanto a mayor número de unidades censadas, con un total de 11,238 unidades circulando diariamente por las principales vialidades del municipio; esta cifra representa el 1% del total de la muestra.

Figura 6.21 *Aforo de motocicletas por vialidad considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

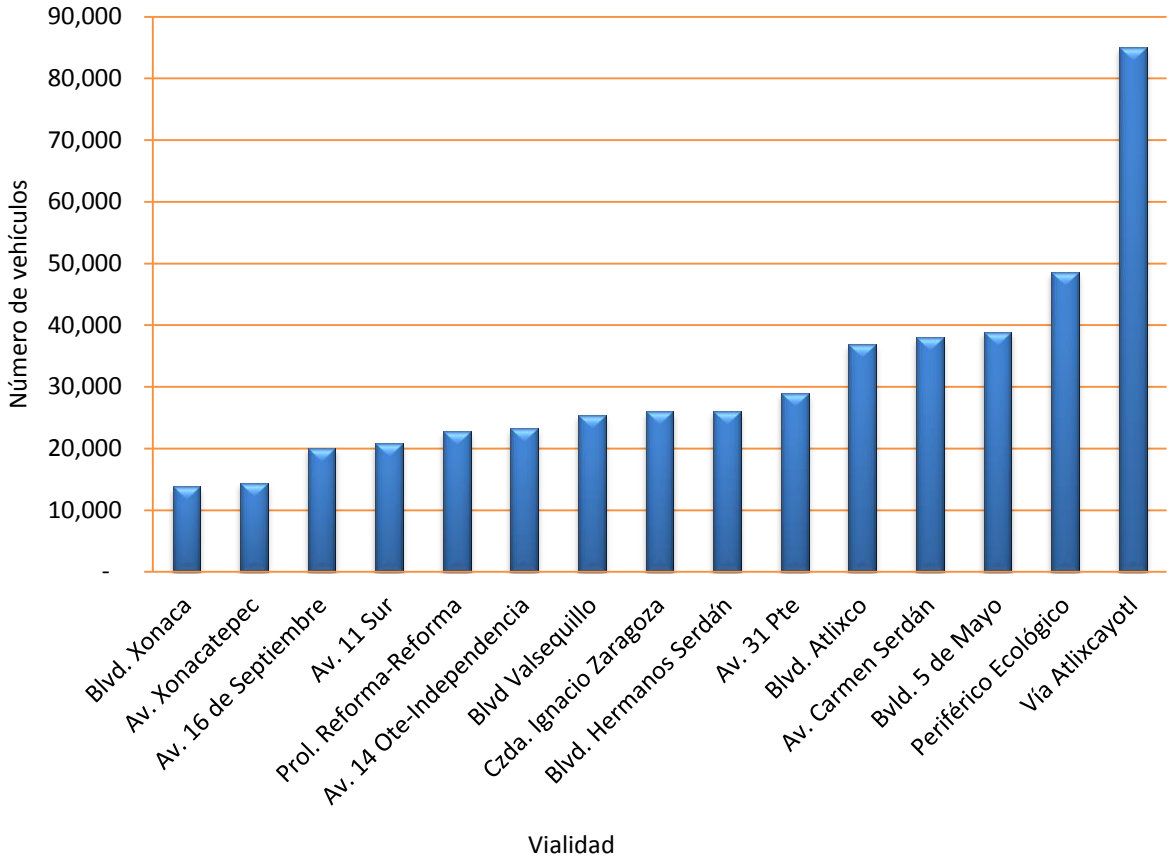
Como resultado del análisis, se observa que la Vía Atlixcáyotl es la de mayor flujo de motocicletas con 1,533 circulando diariamente en ambos sentidos debido al impacto comercial y elevado nivel socioeconómico de la zona; el transito diario por esta vialidad es significativamente superior al de la avenida más cercana, que es la Avenida 14 Oriente-Independencia, con 941 motocicletas circulando, valor que representa el 61.4% del tránsito por Vía Atlixcáyotl.

El Boulevard Hermanos Serdán es el de menor tránsito de motocicletas con 417 circulando diariamente, seguido de Avenida Xonacatepec y Boulevard Xonaca, con alrededor de 500 motocicletas en circulación cada una, debido probablemente al desfavorecido nivel socioeconómico de la zona (figura 6.21).

Aforo de automóviles ligeros

La cuarta categoría de vehículos identificada por el presente estudio es la de Automóviles, con un total de 468,479 unidades en circulación diaria, valor que representa el 64.5% del total de vehículos del estudio, posicionando a esta categoría como la más extensa e importante, ya que coloca al automóvil como el medio de transporte más empleado y por lo tanto, el más representativo en el aforo del municipio.

Figura 6.22 *Aforo de automóviles ligeros por vialidad considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

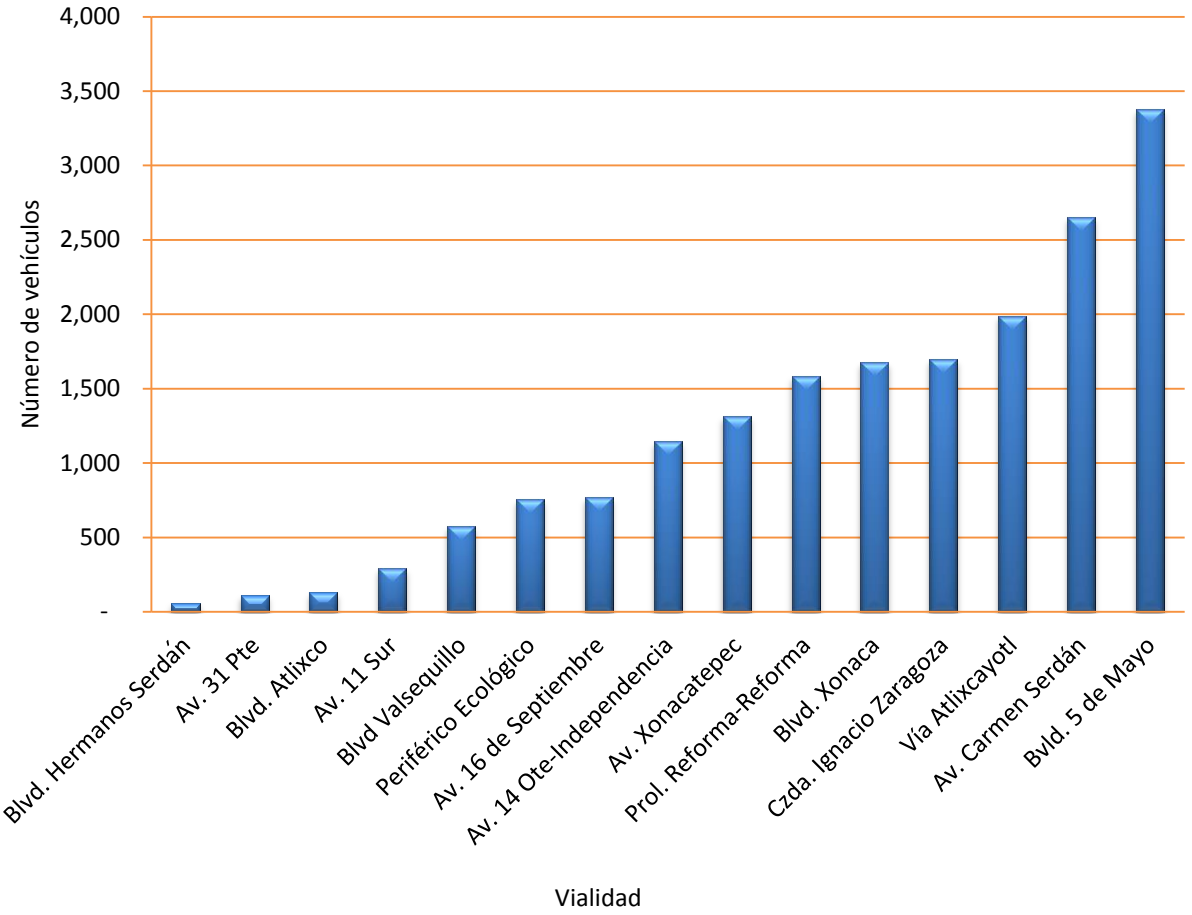
En la figura 6.22 se observa la distribución en la circulación de este tipo de vehículos por las vialidades consideradas. Por la Vía Atlixcáyotl circulan 84,997 automóviles, cantidad muy superior a la suma del total de autobuses, microbuses, motocicletas y camiones en el municipio, es decir 63,406 unidades. Las siguientes vialidades con mayor número de automóviles, circulando diariamente, son Periférico-Ecológico y Boulevard 5 de Mayo, con 48,525 y 38,844 unidades respectivamente.

Las vialidades con menor número de automóviles circulando son Boulevard Xonaca y Avenida Xonacatepec, cada una de ellas con poco menos de 15 mil automóviles transitando al día.

Aforo de microbuses

El quinto tipo de vehículos a considerar son microbuses, ocupando el cuarto lugar en cuanto a mayor cantidad en circulación con 18,103 unidades, cifra que representa el 2.5% del total de vehículos de la muestra de este estudio.

Figura 6.23 *Aforo de microbuses por vialidad considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

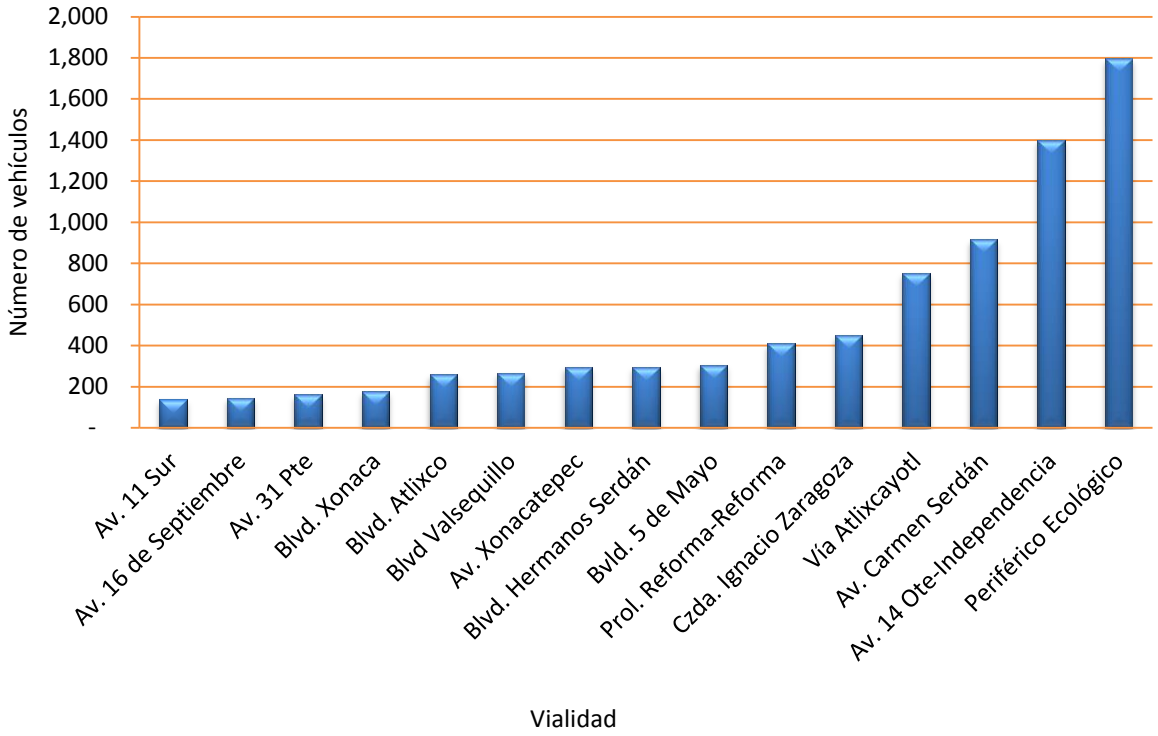
Se ha concluido, con base en el análisis, que el Boulevard 5 de Mayo es el de mayor flujo, con 3,377 circulando diariamente en ambos sentidos, debido a la importancia cultural y comercial de la zona; la Avenida Carmen Serdán y Vía Atlixcáyotl también presentan un flujo importante de microbuses, con 2,648 y 1,987 unidades circulando diariamente.

Se resalta en el presente estudio el escaso tránsito de microbuses en Boulevard Hermanos Serdán, con solo 58 unidades transitando diariamente, seguido por Avenida 31 Poniente y Boulevard Atlixco (figura 6.23), con un poco más de 100 microbuses circulando, respectivamente.

Aforo de camiones

La sexta categoría definida en la clasificación de vehículos, corresponde a camiones, ocupando el último lugar en cuanto a mayor cantidad en circulación con 7,768 unidades, cifra que representa el 1.1% del total de vehículos de la muestra de este estudio.

Figura 6.24 *Aforo de camiones por vialidad considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Se ha concluido, con base en el análisis, que el Periférico-Ecológico es la vía con mayor flujo, con 1,795 camiones circulando diariamente en ambos sentidos, debido a la importancia de la vialidad en cuanto a comunicación con otros municipios del Estado. Las Avenidas 14 Oriente y Carmen Serdán también presentan un flujo importante de camiones con 1,400 y 915 unidades circulando respectivamente.

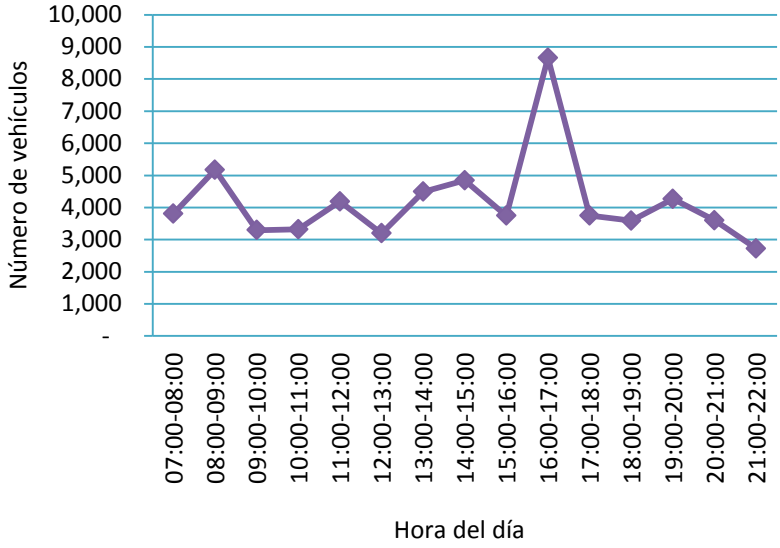
Las vialidades con el menor número de camiones circulando diariamente son Avenida 11 Sur, 16 de Septiembre, 31 Poniente y Boulevard Xonaca con un tránsito inferior a 200 camiones a diario.

Como parte de este estudio se ha elaborado un perfil horario de las 15 vialidades representativas del municipio con el objetivo de caracterizar el flujo vehicular durante el día y determinar los periodos críticos y de bajo tránsito. Se han agrupado las gráficas resultantes de dicho análisis con base en sus características más representativas, el motivo de dicho comportamiento deberá ser objeto de un análisis posterior más amplio, ya que resulta importante determinar la relación entre la magnitud del flujo vehicular y las actividades de la comunidad en la que ocurre tal fenómeno.

Aforo por vialidad

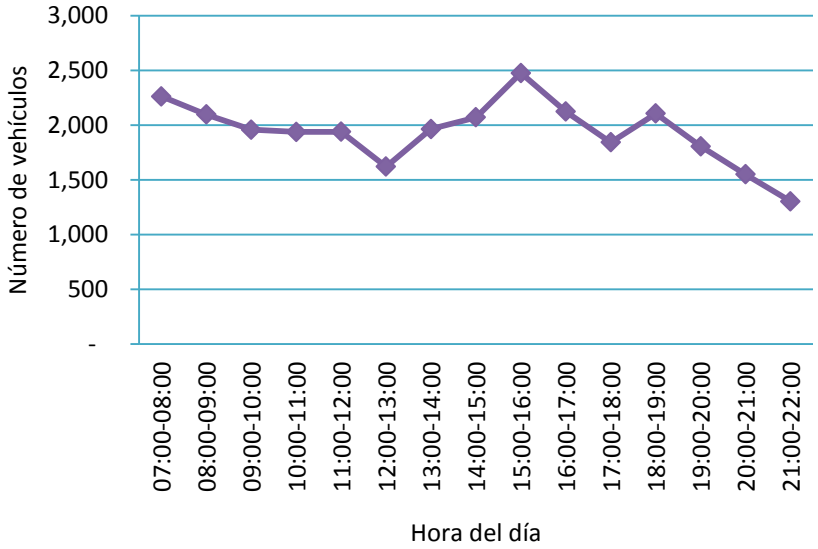
Las gráficas de las figuras 6.25 – 6.39 muestran el número de vehículos versus perfil horario que corresponde exclusivamente a los resultados censados en el periodo semanal comprendido entre los días lunes y viernes.

Figura 6.25 *Aforo diario para el Boulevard. 5 de Mayo desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.26 *Aforo diario para la Av. 16 de Septiembre desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



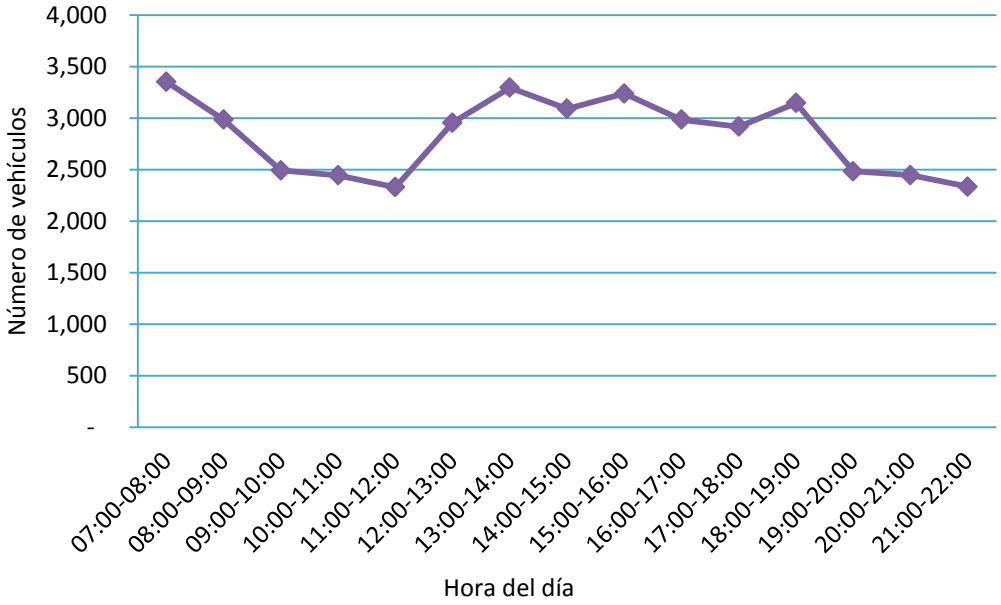
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Las figuras 6.25 – 6.26 muestran las características del tránsito vehicular en el Boulevard 5 de Mayo y la Avenida 16 de Septiembre. Han sido agrupadas debido a las similitudes generales de homogeneidad y picos y no a la magnitud del aforo.

Para el Boulevard 5 de Mayo y la Avenida 16 de Septiembre observamos en ambas gráficas un flujo vehicular constante a lo largo del día, exceptuando el periodo comprendido entre las 16:00 y las 17:00 hs, donde la cantidad de vehículos aumenta significativamente, llegando casi a los diez mil en circulación, en el caso del Boulevard 5 de Mayo y a los tres mil, la Avenida 16 de Septiembre, debido probablemente al fin de la jornada laboral de un porcentaje importante de la población.

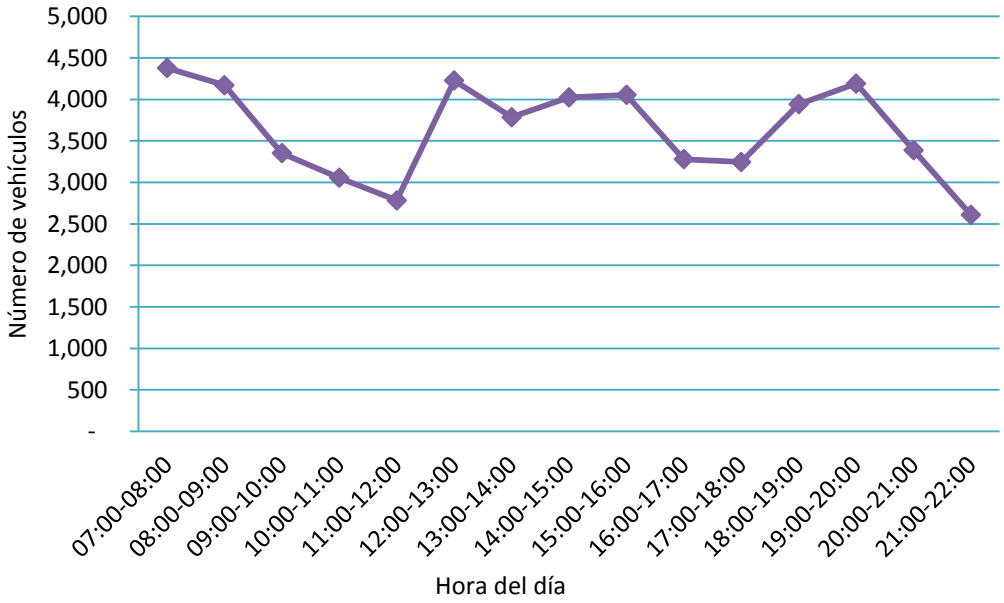
Después de las 19:00 hs. se aprecia un decremento en el conteo para ambas vialidades y en el caso de la Av. 16 de Septiembre, se observa un ligero descenso en el conteo entre las 12:00 y 13:00 hs. Ambas vialidades presentan conteos superiores a la media en las primeras horas del censo, es decir, antes de las 9:00 hs, debido probablemente al transporte de los estudiantes y trabajadores.

Figura 6.27 *Aforo diario para la Calzada Ignacio Zaragoza desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



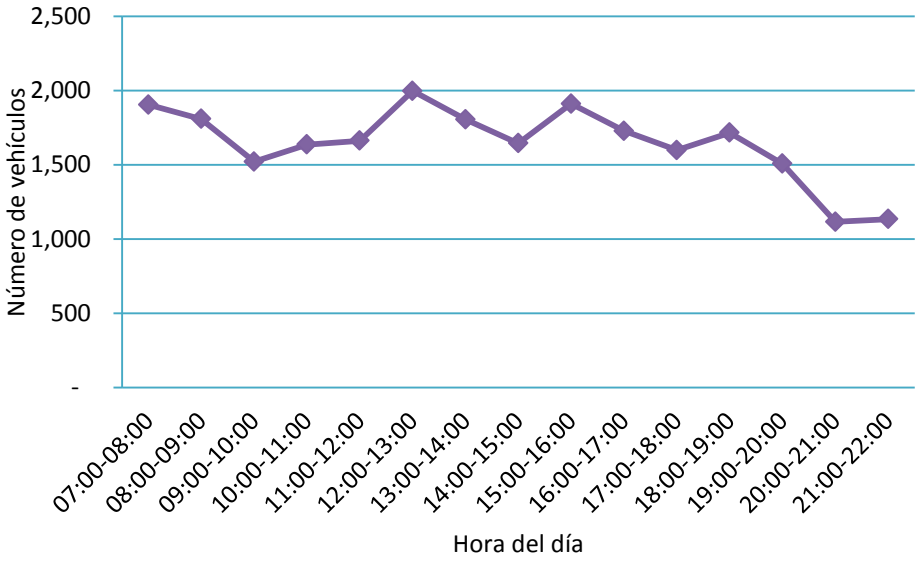
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.28 *Aforo diario para el Boulevard. Atlixco desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.29 *Aforo diario para el Boulevard. Xonaca desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.30 *Aforo diario para el Boulevard. Valsequillo desglosado por hora considerando ambas direcciones.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

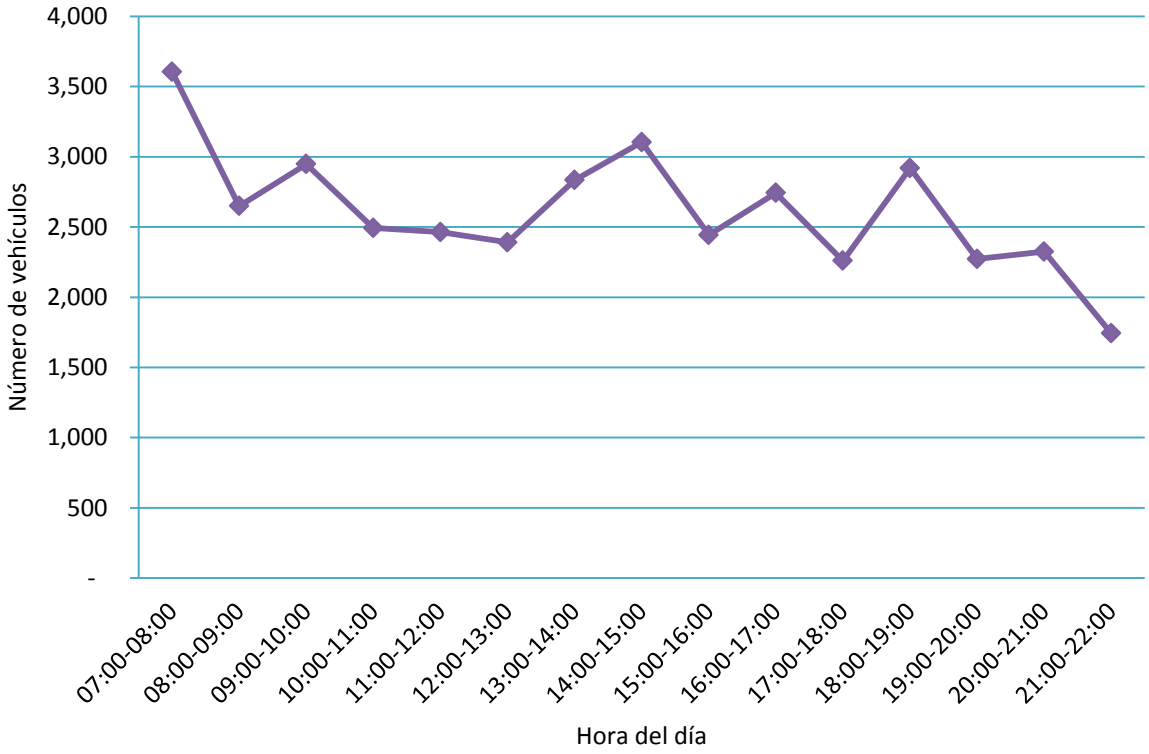
Las gráficas de las figuras 6.27 – 6.30, muestran las características del tránsito vehicular en los Bulevares Atlixco, Xonaca, Valsequillo y Calzada Ignacio Zaragoza. Estas han sido agrupadas debido a las similitudes generales de homogeneidad, picos y magnitud del aforo.

En las cuatro gráficas presentadas se observa un nivel alto de aforo vehicular durante las primeras horas del día, debido probablemente al transporte de trabajadores y estudiantes alrededor de las 7:00 y 8:00 hs. Este tránsito elevado se mantiene hasta las 10:00 hs en el Boulevard Valsequillo, donde la presencia de universidades es una causa probable de este comportamiento.

Las vialidades representadas en las gráficas presentan un pico alrededor de las 13:00 hs, el Boulevard Valsequillo mantiene un crecimiento constante en la magnitud del aforo hasta el periodo comprendido entre las 14:00 y las 15:00 hs. Otro comportamiento interesante se observa en el Boulevard Atlixco que presenta un decremento en el número de vehículos entre las 16:00 y las 18:00 hs.

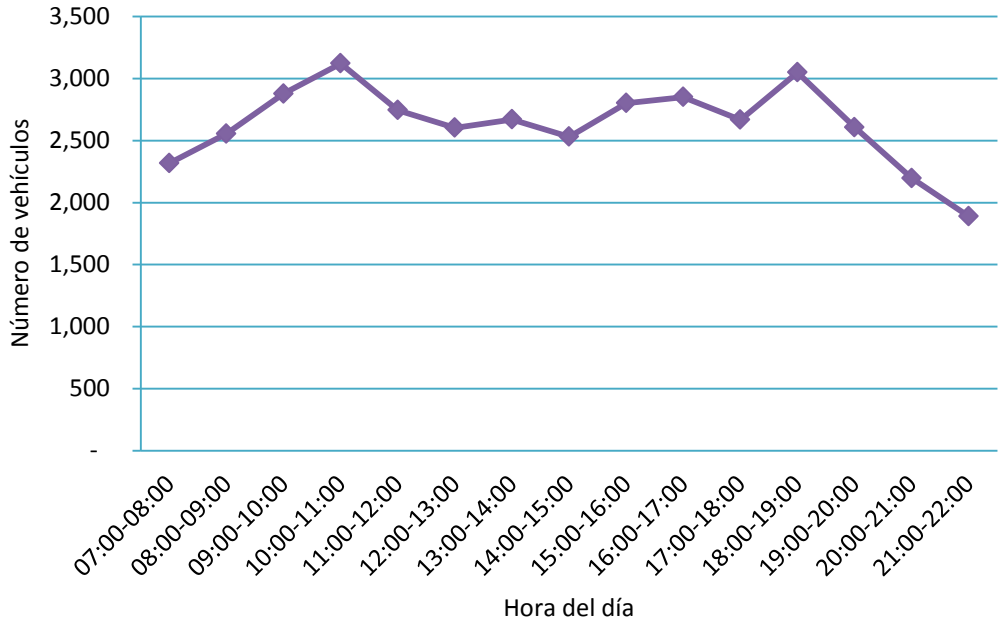
Las cuatro vialidades muestran una disminución constante a partir de las 19:00 hs, momento del día en el que ha terminado sus labores una parte significativa de la población.

Figura 6.31 *Aforo diario para el Boulevard. Hermanos Serdán desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



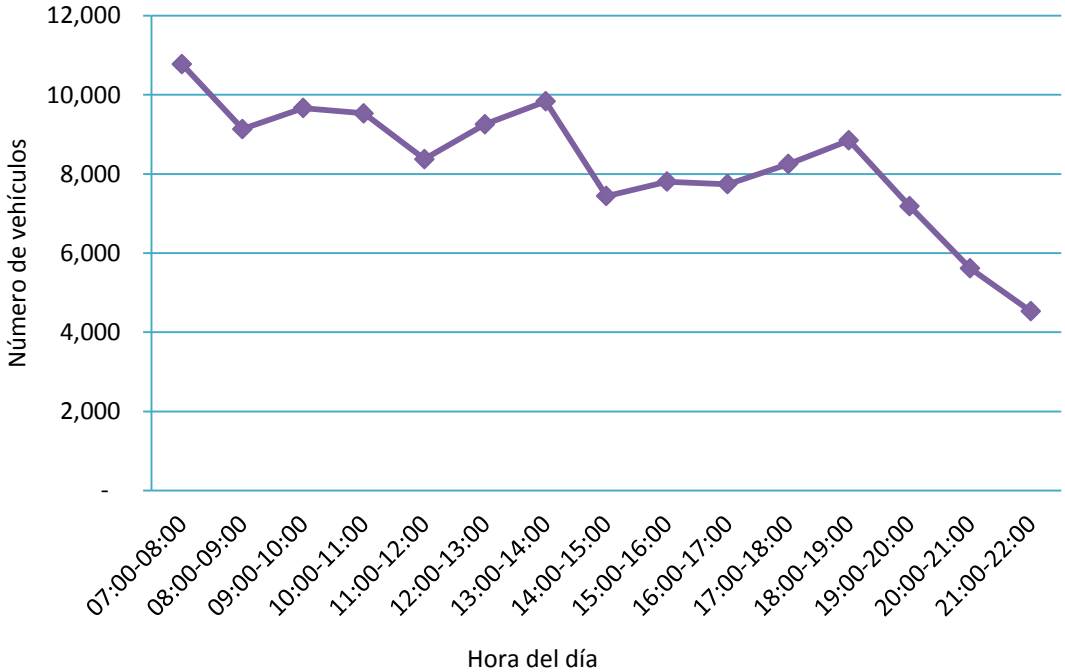
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.32 *Aforo diario para la Av. 31 Oriente-Poniente desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



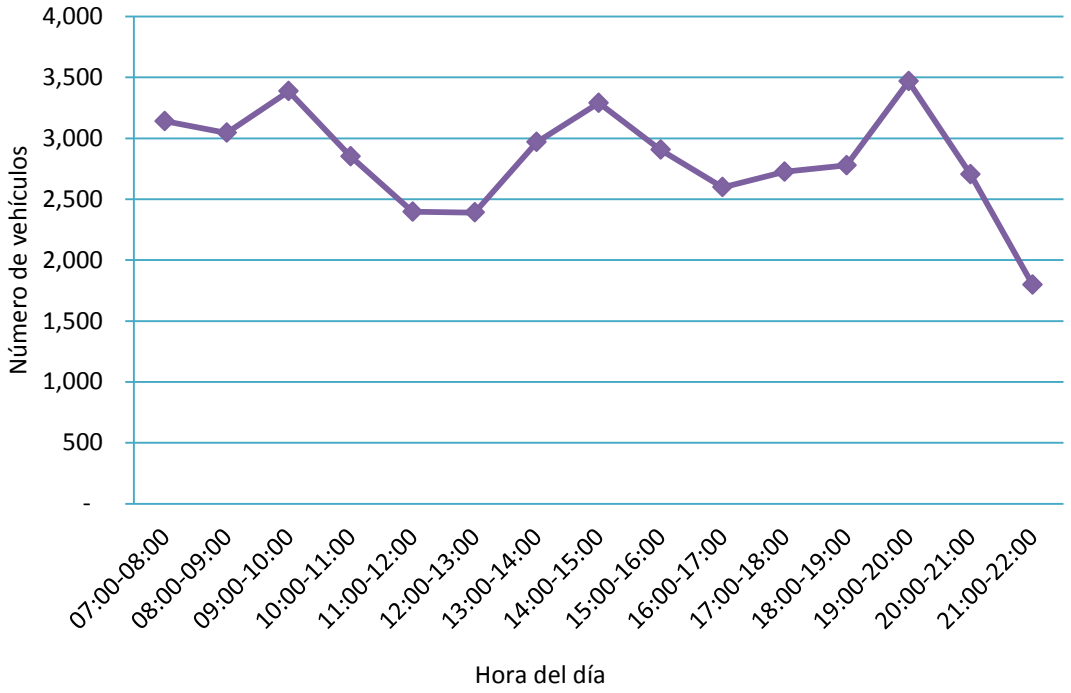
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.33. *Aforo diario para la vía Atlixcáyotl desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.34 *Aforo diario para la Av. 14 Ote.-Independencia desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

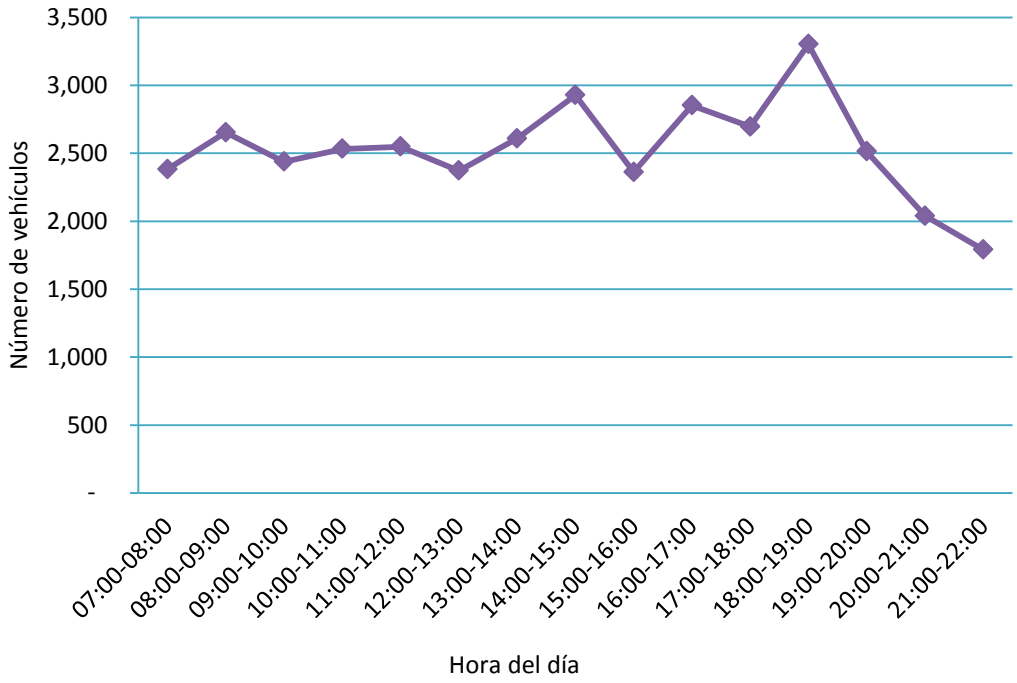
Las gráficas de las figuras 6.31 – 6.34 muestran las características del tránsito vehicular en el Boulevard Hermanos Serdán, las Avenidas 31 Oriente-Poniente y 14 Oriente-Independencia y la Vía Atlixcáyotl. Han sido agrupadas debido a las similitudes generales de homogeneidad y picos máximos y mínimos sin considerar la magnitud del aforo.

Como se observa, el Boulevard Hermanos Serdán y Vía Atlixcáyotl presentan un elevado nivel, en el número de vehículos, de las 7:00 a las 8:00 hs, debido probablemente al traslado a los centros de trabajo y estudio; este comportamiento no se observa en la Avenida 31 Oriente, donde el número de vehículos es significativamente inferior al de las cuatro horas siguientes, en la Avenida 14 Oriente-Independencia el tráfico es constante en las primeras horas del día.

Cabe resaltar que la Avenida 14 Oriente-Independencia muestra un descenso en el número de vehículos entre las 11:00 y las 13:00 hs en contraste con Vía Atlixcáyotl, que presenta uno de los conteos más elevados alrededor de las 13:00 hs.

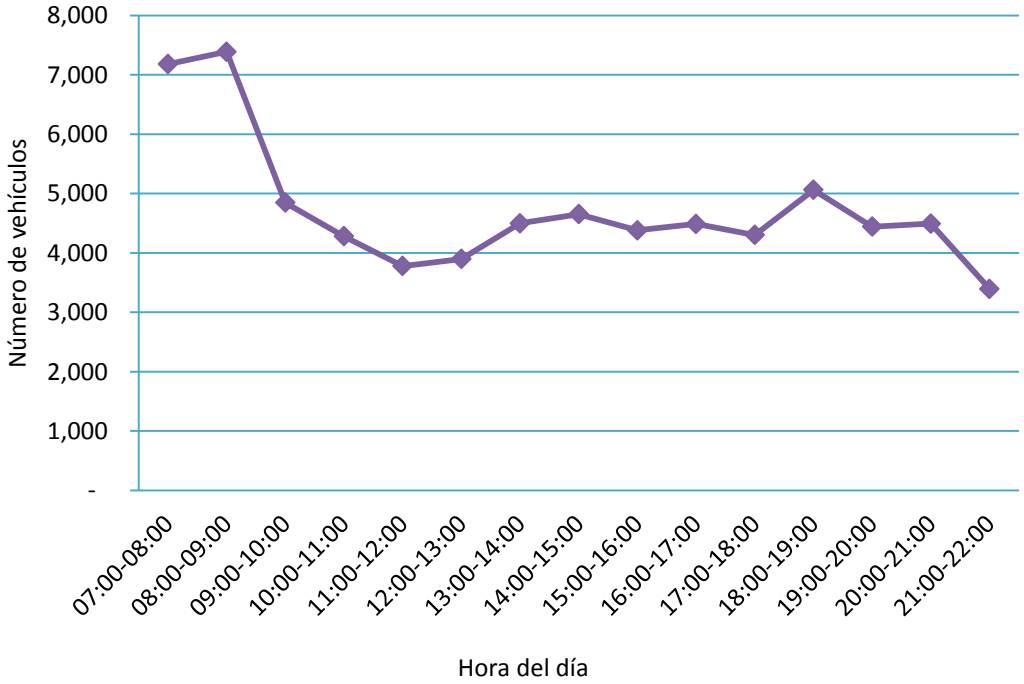
Las 4 vialidades presentan conteos altos del número de vehículos entre las 19:00 y 20:00 hs; una causa probable de este fenómeno es el retorno de una cantidad significativa de la población después de la jornada laboral; observando a partir de esta hora un descenso constante.

Figura 6.35 *Aforo diario para la Prol. Reforma desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



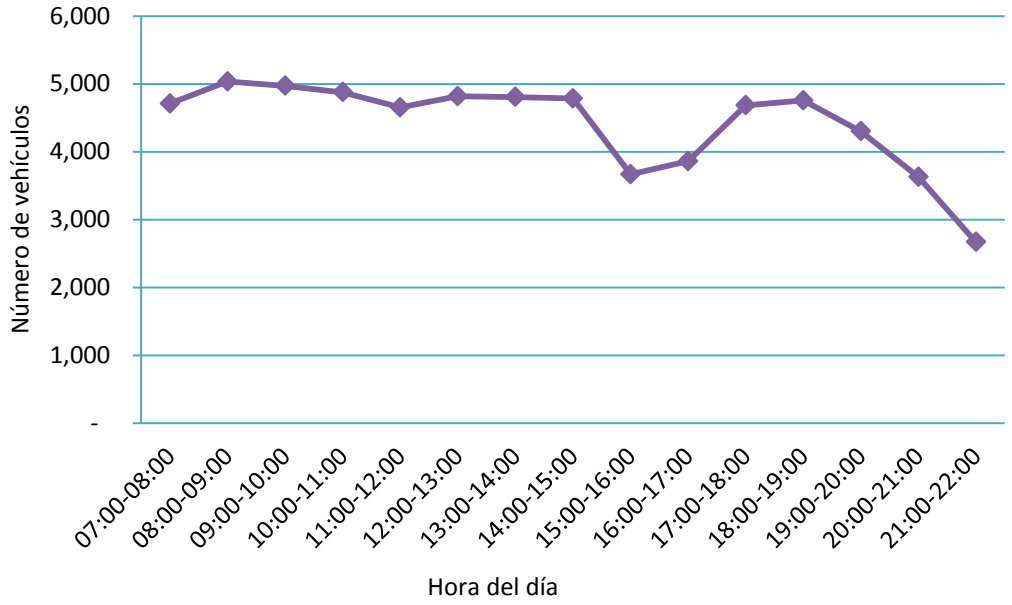
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.36 *Aforo diario para el Periférico Ecológico desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



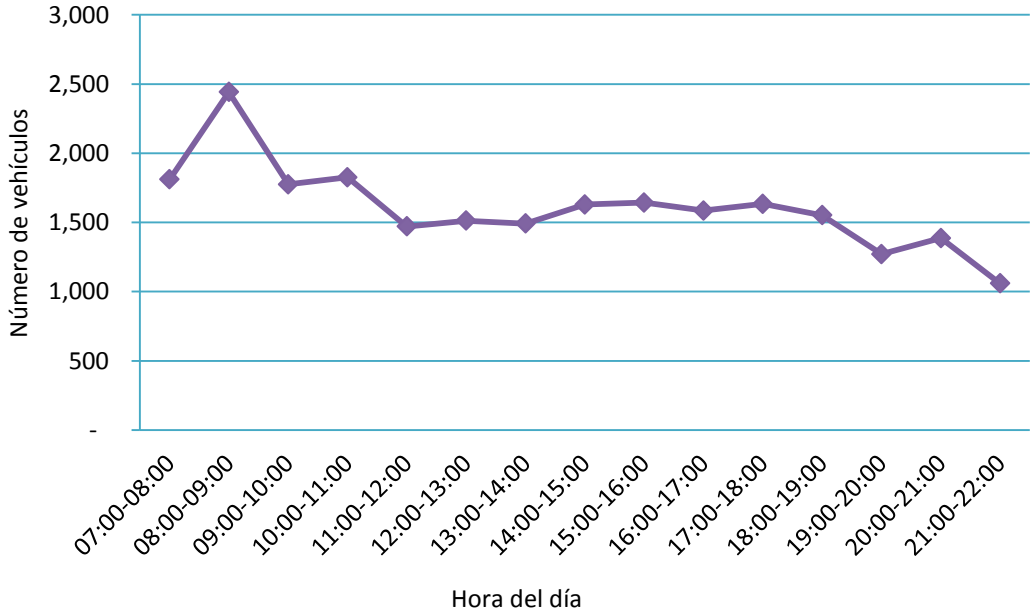
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.37 *Aforo diario para la Av. Carmen Serdán desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.38 *Aforo diario para la Av. Xonacatepec desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



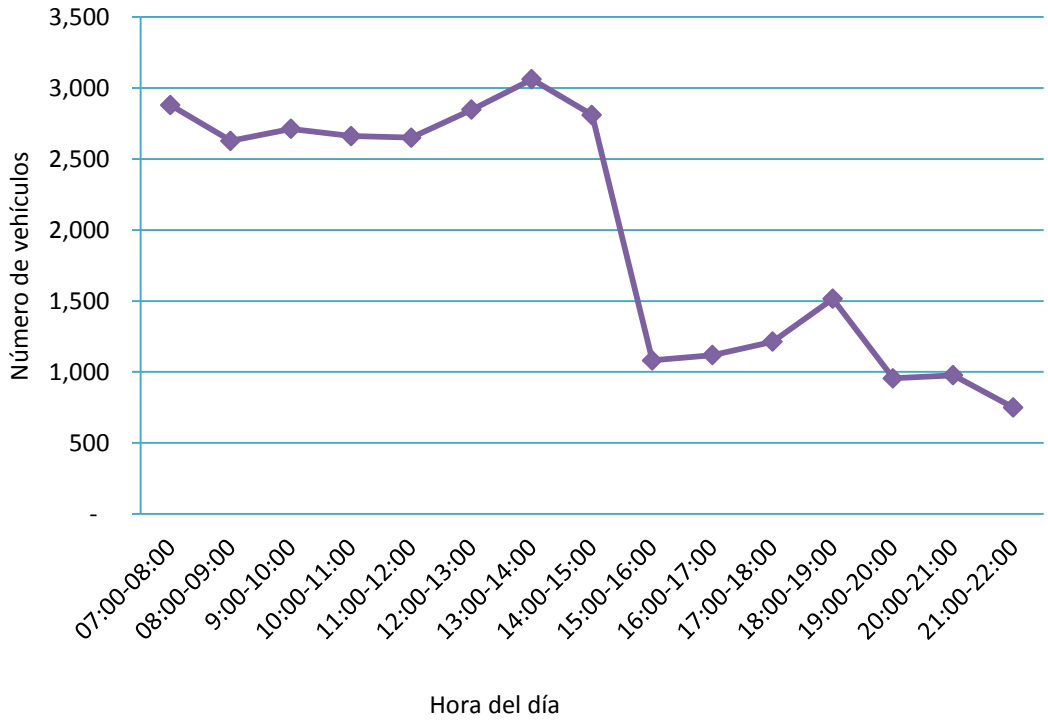
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Las figuras 6.35 – 6.38 muestran las características del tránsito vehicular en Las Avenidas Carmen Serdán y Xonacatepec, así como Prolongación Reforma y Periférico-Ecológico. Estas han sido agrupadas debido a las similitudes generales de homogeneidad, picos máximos y mínimos sin considerar la magnitud del aforo.

Las cuatro vialidades representadas en las gráficas mantienen un número de vehículos homogéneo durante la mayor parte del día, exceptuando Periférico-Ecológico y Avenida Xonacatepec, que presentan un alza en el conteo de las 7:00 a las 9:00 hs y de las 8:00 a las 9:00 hs. respectivamente.

La Avenida Carmen Serdán presenta una disminución en el número de vehículos transitando entre las 13:00 y las 17:00 hs y Prolongación Reforma exhibe un pico máximo entre las 18:00 y las 19:00 hs. Todas las vialidades analizadas en las gráficas, muestran una caída en el número de vehículos circulando a partir de las 19:00 hs.

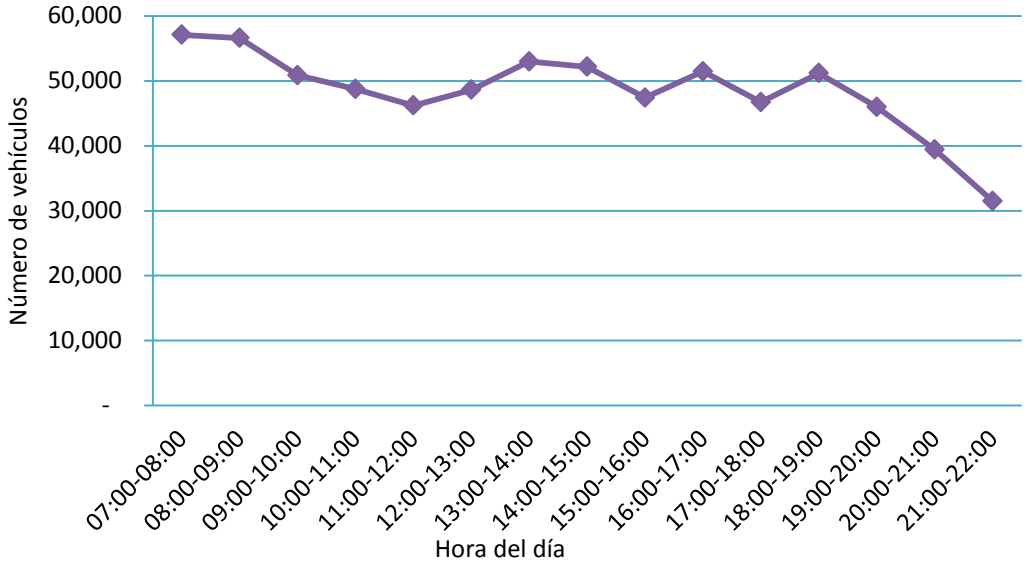
Figura 6.39 *Aforo diario para la Av. 11 Norte-Sur desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La Avenida 11 Norte-Sur presenta un comportamiento atípico resultante de un factor externo (figura 6.39). Como se mencionó anteriormente, el estudio presente se ha realizado en jornadas de 8 horas diarias, a saber, de 7:00 a 15:00 hs y de las 15:00 hs en adelante. Al momento de realizar la jornada vespertina en esta vialidad, se comenzaron las obras de sustitución de la carpeta asfáltica, lo que redujo drásticamente el conteo, por lo que esta gráfica no se considera representativa.

Figura 6.40 *Aforo total diario para las 15 vialidades desglosado por hora considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Finalmente se presenta una síntesis del perfil horario en todas las vialidades. La figura 6.40 muestra el máximo general durante las primeras horas del día, es decir, de 7:00 a 9:00 hs. Como se observó en las gráficas particulares de cada vialidad, este fue un comportamiento recurrente debido al traslado hacia los centros de trabajo o estudio de un porcentaje importante de la población. El promedio en la cantidad de vehículos circulando en las quince vialidades es relativamente constante a partir de las 9:00 hs y hasta las 19:00 hs, con una media de 50 mil vehículos circulando. A partir de las 19:00 hs y en adelante, se observa una disminución del tránsito consistente con los datos particulares antes analizados.

Aforo horario para el fin de semana

Se ha realizado, como parte del presente estudio, el censado y análisis del aforo horario en fines de semana durante los días sábados en un horario de 10:00 a 18:00 hs. Los resultados de dicho análisis se resumen en la tabla 6.5, considerando, en esta parte de la investigación, la caracterización de acuerdo al tipo de vehículo.

Tabla 6.5 *Aforo diario por vialidad desglosado por tipo de vehículo considerando ambas direcciones.*

Hora	Automóvil	Camioneta	Autobús	Microbús	Camión	Motocicleta	Total
10:00-11:00	17,439	8,090	658	479	355	464	27,485
11:00-12:00	19,188	8,587	680	644	464	476	30,039
12:00-13:00	19,666	8,437	603	463	368	466	30,003
13:00-14:00	22,391	9,349	674	435	346	533	33,728
14:00-15:00	22,799	9,056	677	432	294	459	33,717
15:00-16:00	21,802	8,204	736	435	289	470	31,936
16:00-17:00	19,995	6,956	712	438	249	401	28,751
17:00-18:00	18,303	6,786	719	472	159	369	26,808
Total	161,583	65,465	5,459	3,798	2,524	3,638	242,467

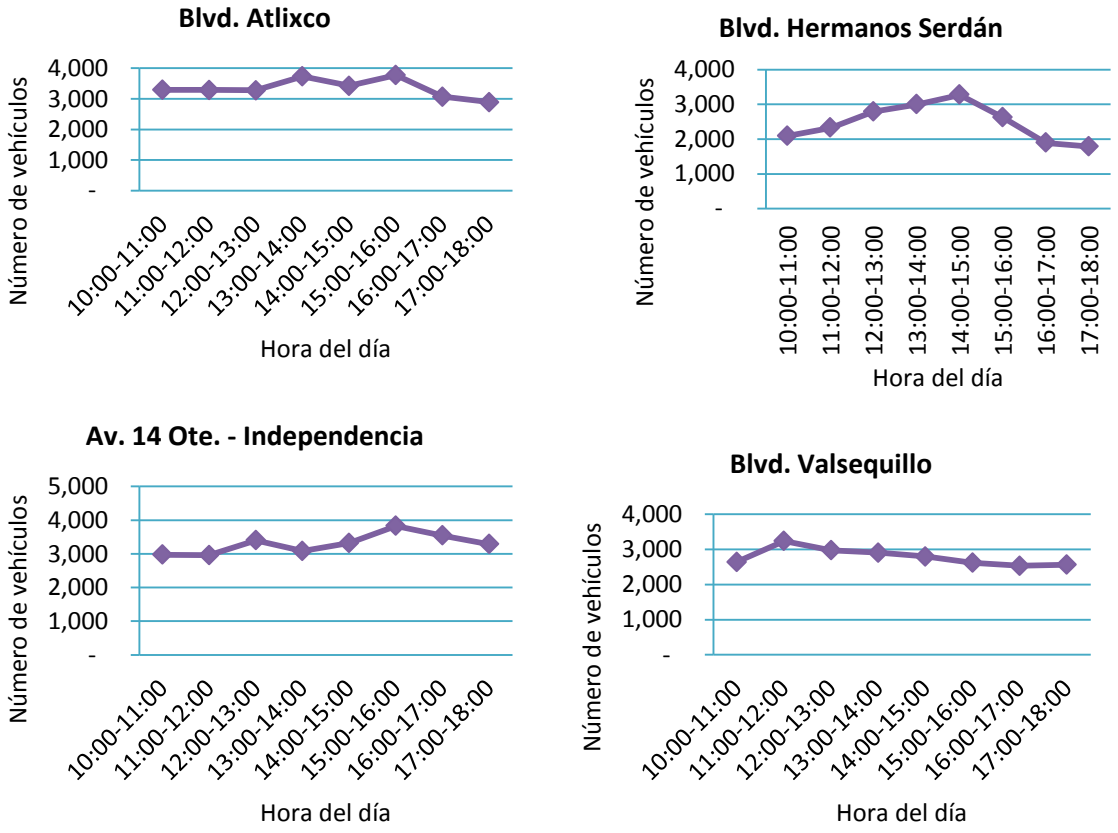
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La caracterización por tipo de vehículo se define en seis categorías: Automóvil, camioneta, autobús, microbús, camión y motocicleta. Los totales presentados corresponden a la suma de todos los vehículos que transitaron por determinado periodo de tiempo (derecha) y el total de vehículos de cada categoría a lo largo de la jornada (abajo). La esquina inferior derecha de la tabla muestra el total de vehículos censados en la jornada entera.

Se observa una tendencia consistente con los resultados arrojados por el análisis del periodo comprendido entre los días lunes y viernes de la semana. La cantidad total de automóviles circulando (161,583 automóviles) es superior a la suma del total de todas las demás categorías (80,884 vehículos) y equivale a un 66.6% del total global (esquina inferior derecha de la tabla 6.5). Las camionetas también representan un porcentaje significativo al representar el 27%; por tanto, se deduce que solo las dos categorías más extensas, correspondientes a vehículos particulares equivalen al 93.6% del total global, similar al 91% obtenido entre semana.

El perfil horario que se detalla a continuación, ha sido elaborado considerando solamente ocho de las 15 vialidades que componen este estudio y al igual que en el apartado previo, se tiene como objetivo caracterizar el flujo vehicular durante el día y determinar los periodos críticos y de bajo tránsito y se han agrupado las gráficas resultantes de dicho análisis con base en sus características más representativas. Las gráficas de las figuras 6.41 – 6.42 muestran el número de vehículos (sin caracterizar de acuerdo al tipo) versus la hora del día.

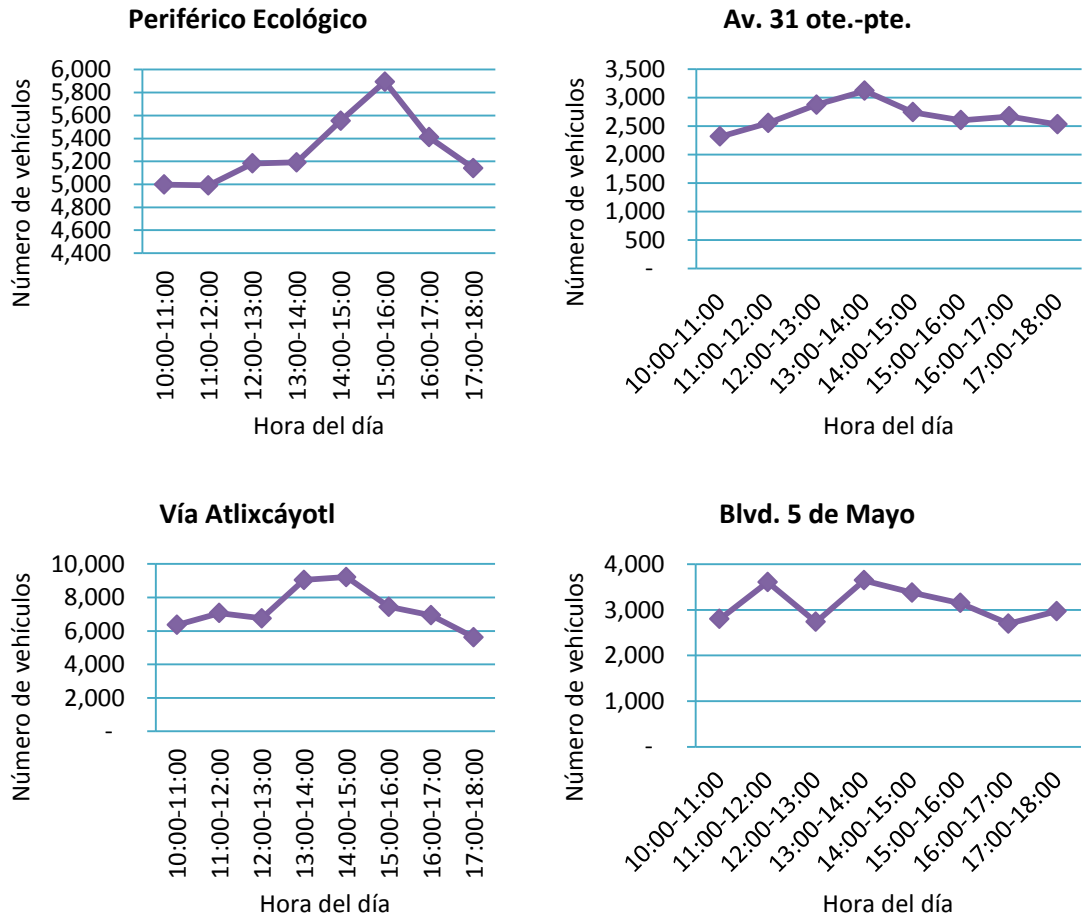
Figura 6.41 *Aforo diario (ambas direcciones) para el fin de semana desglosado por hora para la Av. 14 Ote.-Independencia y los bulevares Hnos. Serdán, Atlixco y Valsequillo.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La figura 6.41 muestra las características del tránsito vehicular en los Bulevares Hermanos Serdán, Atlixco y Valsequillo, así como Avenida 14 Oriente- Independencia. Estas han sido agrupadas debido a las similitudes generales de homogeneidad sin considerar la magnitud del aforo. Las cuatro vialidades representadas en las gráficas de la figura 6.42 mantienen un número de vehículos relativamente constante durante la mayor parte del día.

Figura 6.42 *Aforo diario (ambas direcciones) para el fin de semana desglosado por hora para el Periférico Ecológico, la Av. 31 Ote.-Pte., la Vía Atlixcáyotl y el Boulevard. 5 de Mayo.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Las gráficas de la figura 6.42 muestran las características del tránsito vehicular en el Boulevard 5 de Mayo, Vía Atlixcáyotl, Periférico-Ecológico y Avenida 31 Oriente-Poniente. Han sido agrupadas debido a las similitudes generales sin considerar la magnitud del aforo.

De las vialidades consideradas en esta parte del estudio, las cuatro representadas por las gráficas previas son las que presentan mayor diversidad en el conteo de vehículos, el Periférico-Ecológico presenta un aumento considerable en tráfico vehicular de las 13:00 a las 17:00 hs al igual que la Vía Atlixcáyotl, en el periodo comprendido entre las 12:00 y las 16:00 hs. El motivo de este comportamiento deberá ser objeto de estudio en posteriores investigaciones.

En la tabla 6.6, se muestra el aforo total desglosado por hora para cada una de las ocho vialidades consideradas en el estudio de fin de semana. Asimismo, la figura 6.43 muestra el aforo total diario

ordenando las vialidades de manera ascendente según dicho aforo. La más importante observación de la tabla 6.6 y la figura 6.43 es que la Vía Atlixcáyotl es la vialidad con el mayor aforo para el fin de semana, reportando una circulación tres veces mayor que la reportada por el Boulevard. Hnos. Serdán, la Av. 31 Pte.-Ote. o el Boulevard. Valsequillo y alrededor de 2.5 veces mayor que la reportada por el Boulevard. 5 de mayo, la Av. 14 Ote.-Independencia o el Boulevard. Atlixco.

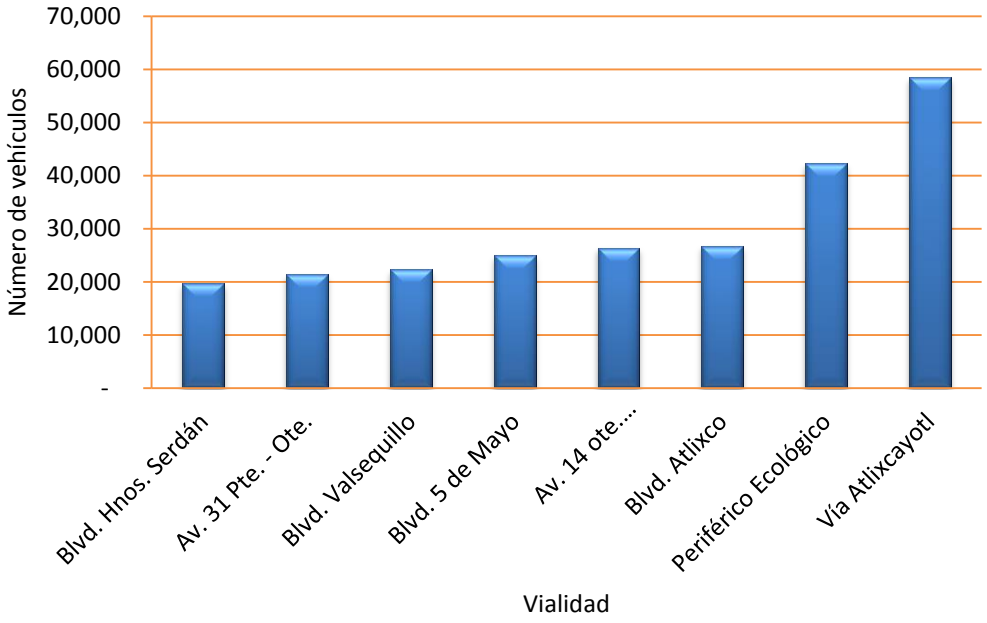
Cabe destacar que el Periférico Ecológico es la segunda vialidad con mayor aforo para el fin de semana, con un flujo de vehículos alrededor de dos veces mayor que el resto de las vialidades a excepción de la Vía Atlixcáyotl.

Tabla 6.6 *Aforo para el fin de semana desglosado por vialidad y hora del día considerando ambas direcciones.*

Hora	Boulevard. 5 de Mayo	Boulevard. Hnos. Serdán	Boulevard. Atlixco	Vía Atlixcáyotl	Av. 31 Pte.-Ote.	Boulevard. Valsequillo	Periférico Ecológico	Av. 14 Ote. Independencia	Total
10:00-11:00	2,799	2,092	3,298	6,365	2,319	2,642	4,998	2,972	27,485
11:00-12:00	3,610	2,326	3,293	7,064	2,556	3,242	4,991	2,957	30,039
12:00-13:00	2,735	2,791	3,283	6,756	2,878	2,978	5,182	3,400	30,003
13:00-14:00	3,646	2,996	3,733	9,051	3,122	2,906	5,192	3,082	33,728
14:00-15:00	3,378	3,271	3,426	9,222	2,746	2,800	5,554	3,320	33,717
15:00-16:00	3,149	2,622	3,776	7,441	2,604	2,622	5,894	3,828	31,936
16:00-17:00	2,696	1,892	3,072	6,932	2,671	2,533	5,410	3,545	28,751
17:00-18:00	2,970	1,787	2,896	5,628	2,531	2,567	5,142	3,287	26,808
Total	24,983	19,777	26,777	58,459	21,427	22,290	42,363	26,391	242,467

Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.43 *Aforo total para el fin de semana desglosado por vialidad considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

En lo relativo al tipo de vehículos que circulan los fines de semana por el municipio de Puebla, tenemos que, tal cual lo muestra la figura 6.44, la vía Atlixcáyotl y el Periférico Ecológico son las vialidades que concentran el mayor número de automóviles ligeros y de camionetas. La vialidad con el menor aforo de automóviles, de autobuses, de microbuses y de motocicletas es el Boulevard. Hnos. Serdán.

Destaca también que para los fines de semana, la vialidad con un flujo mayor de microbuses es el Boulevard. 5 de Mayo, mientras que la vialidad con la más alta circulación de autobuses es la Av. 14 Ote.-Independencia. En lo que respecta a los camiones, el Periférico Ecológico es el que presenta, de una manera significativa, el mayor aforo para el fin de semana. También es importante resaltar que el flujo mayor de motocicletas se encuentra en la Av. 14 Ote.-Independencia y la Vía Atlixcáyotl.

Figura 6.44 *Aforo para el fin de semana por tipo de vehículo considerando ambas direcciones.*

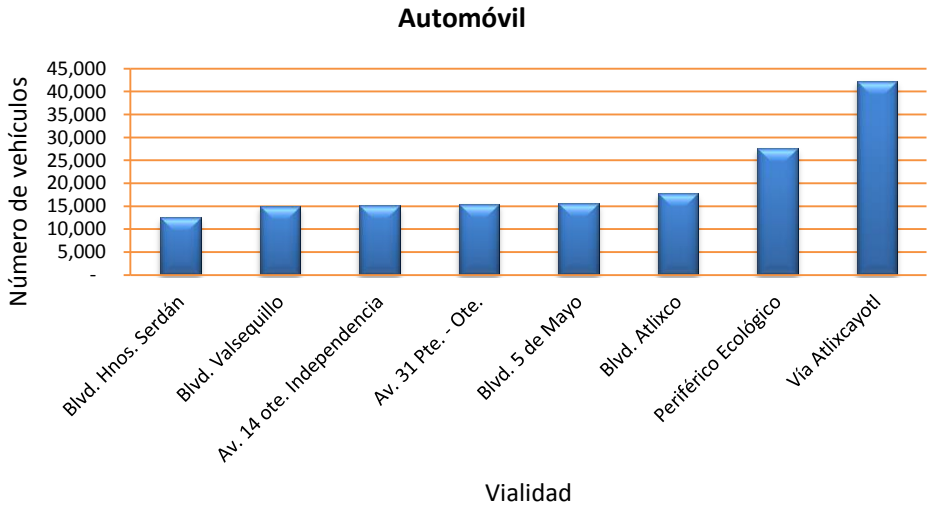
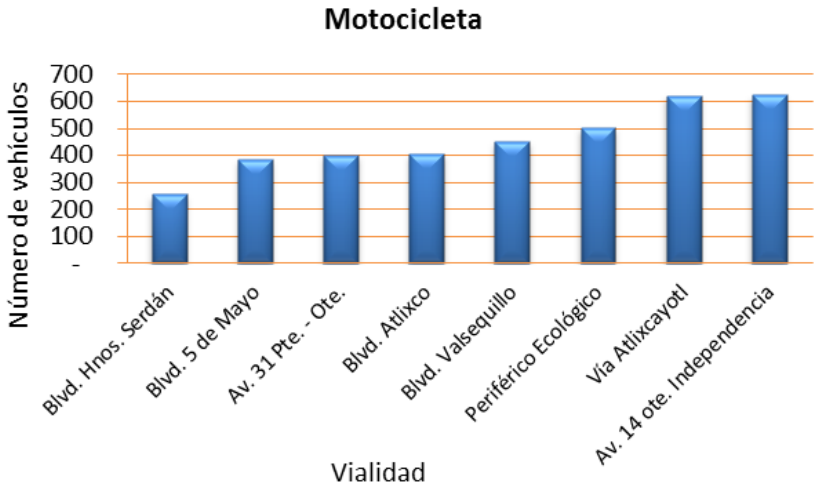


Figura 6.44 *Aforo para el fin de semana por tipo de vehículo considerando ambas direcciones.*



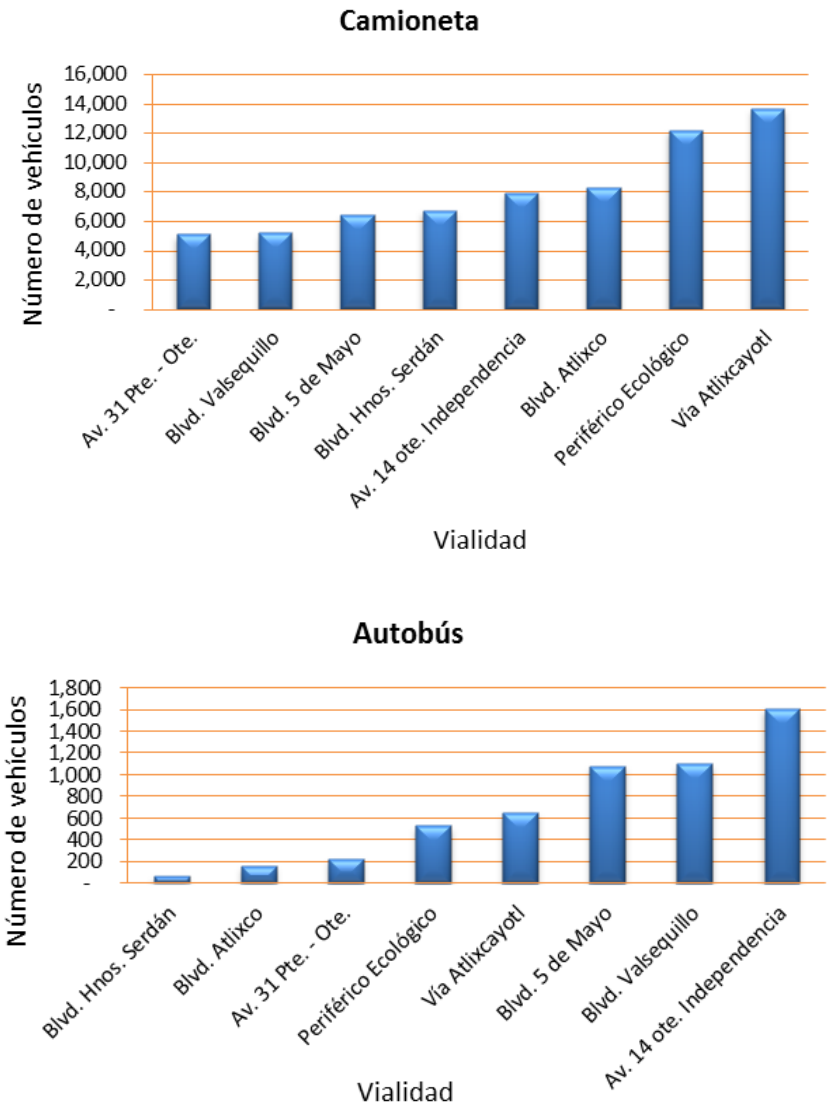
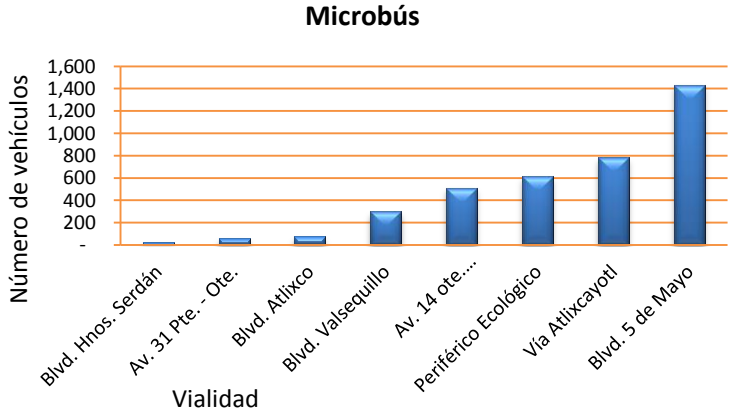


Figura 6.44 *Aforo para el fin de semana por tipo de vehículo considerando ambas direcciones (continuación).*

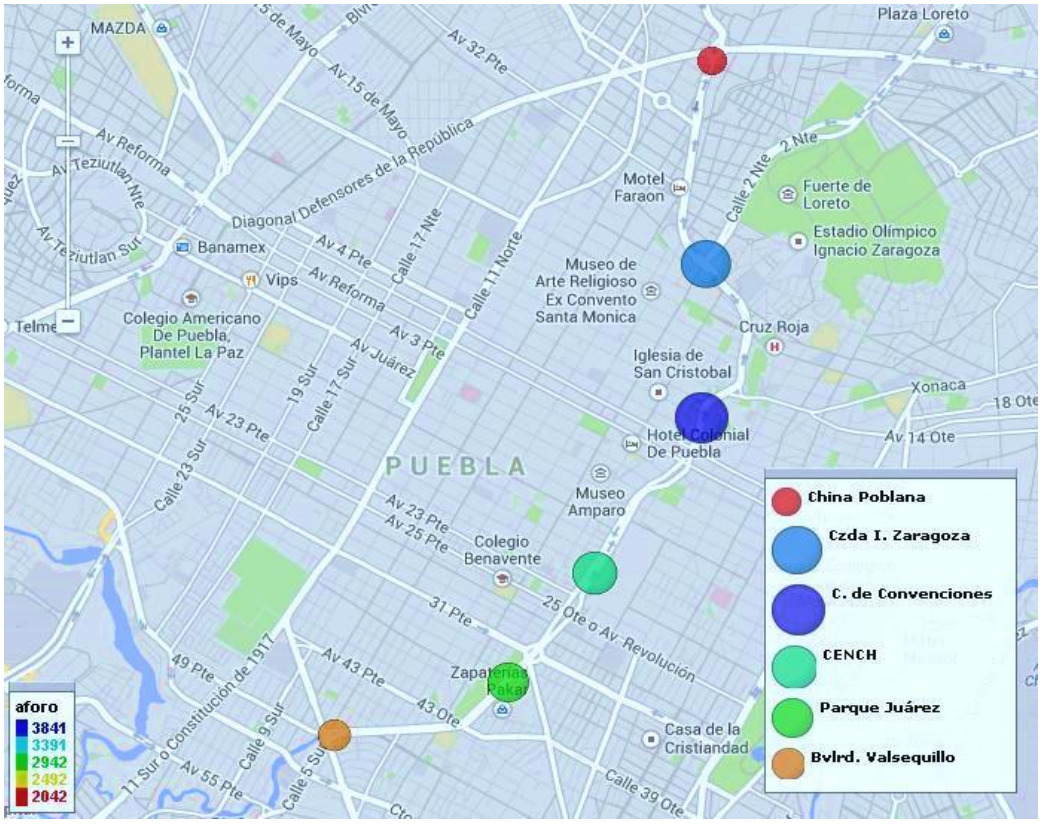


Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Aforo Multipunto

De la figura 6.45 a la 6.58, se muestra el aforo multipunto para cada una de las 15 vialidades consideradas para el estudio. Es importante hacer notar que el aforo se indica utilizando círculos de colores en los que el color y el tamaño indican el aforo correspondiente. En este sentido, a mayor tamaño mayor aforo. La figura 6.45 muestra el aforo multipunto para el Boulevard. 5 de Mayo. La principal observación que se deriva de dicha figura es que el número de vehículos que circulan por esta importante vialidad, del municipio de Puebla, es mayor para las zonas cercanas al centro de la ciudad. De manera específica tenemos que los aforos en las zonas céntricas son aproximadamente el doble de los aforos en los extremos norte y sur de dicha vialidad.

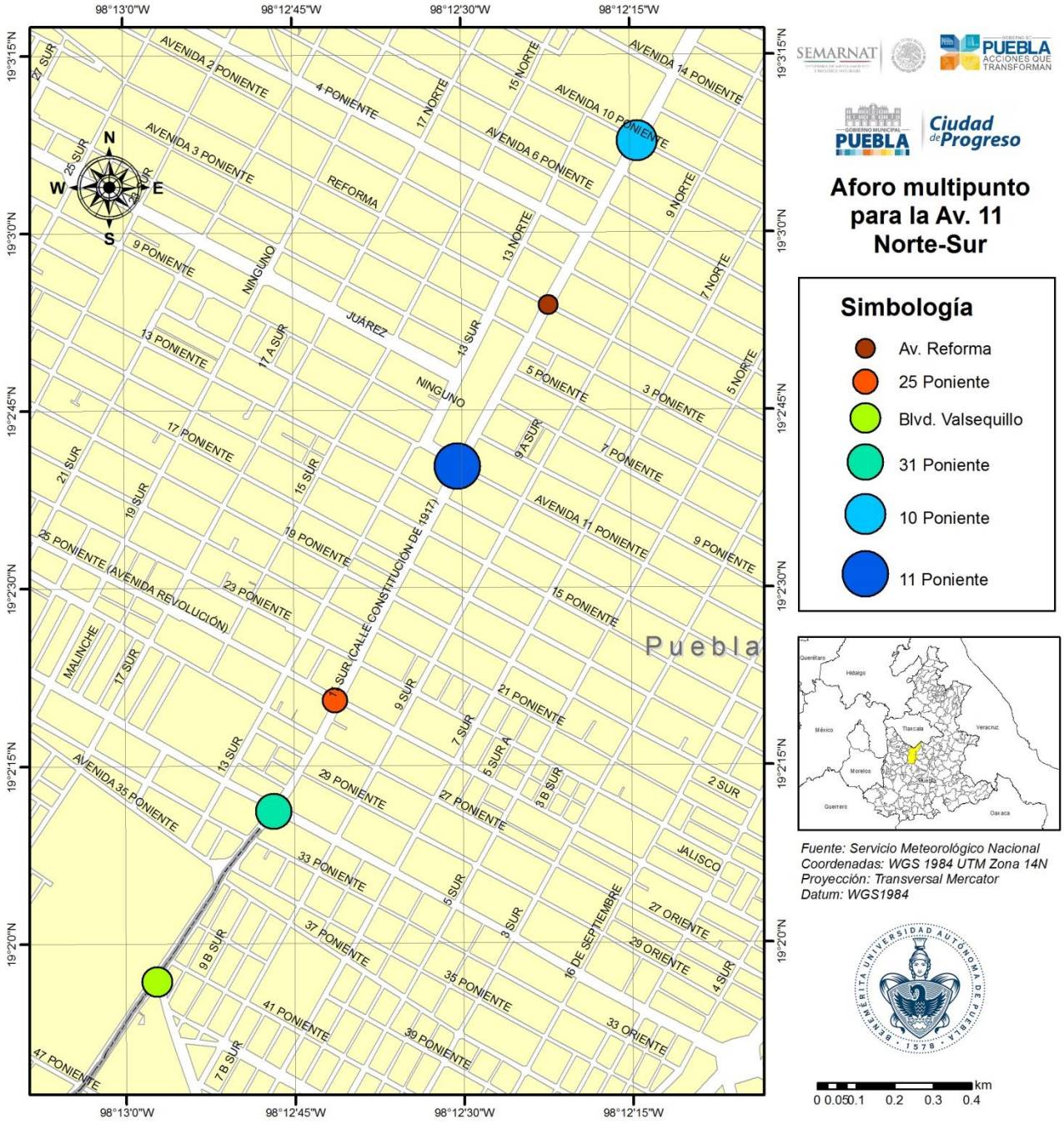
Figura 6.45 *Aforo multipunto para el Boulevard. 5 de Mayo considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En lo que respecta a la Av. 11 Norte-Sur, cuyo aforo multipunto se muestra en la figura 6.46, podemos mencionar que durante el periodo en que se realizó el conteo, se llevaban a cabo labores de sustitución de la carpeta asfáltica, por lo que los resultados reportados no son representativos de la circulación típica en esa vialidad. La principal observación es que, en los puntos dónde se realizaban trabajos, la 25 Poniente y la Av. Reforma, el número menor de vehículos circulando se reduce considerablemente.

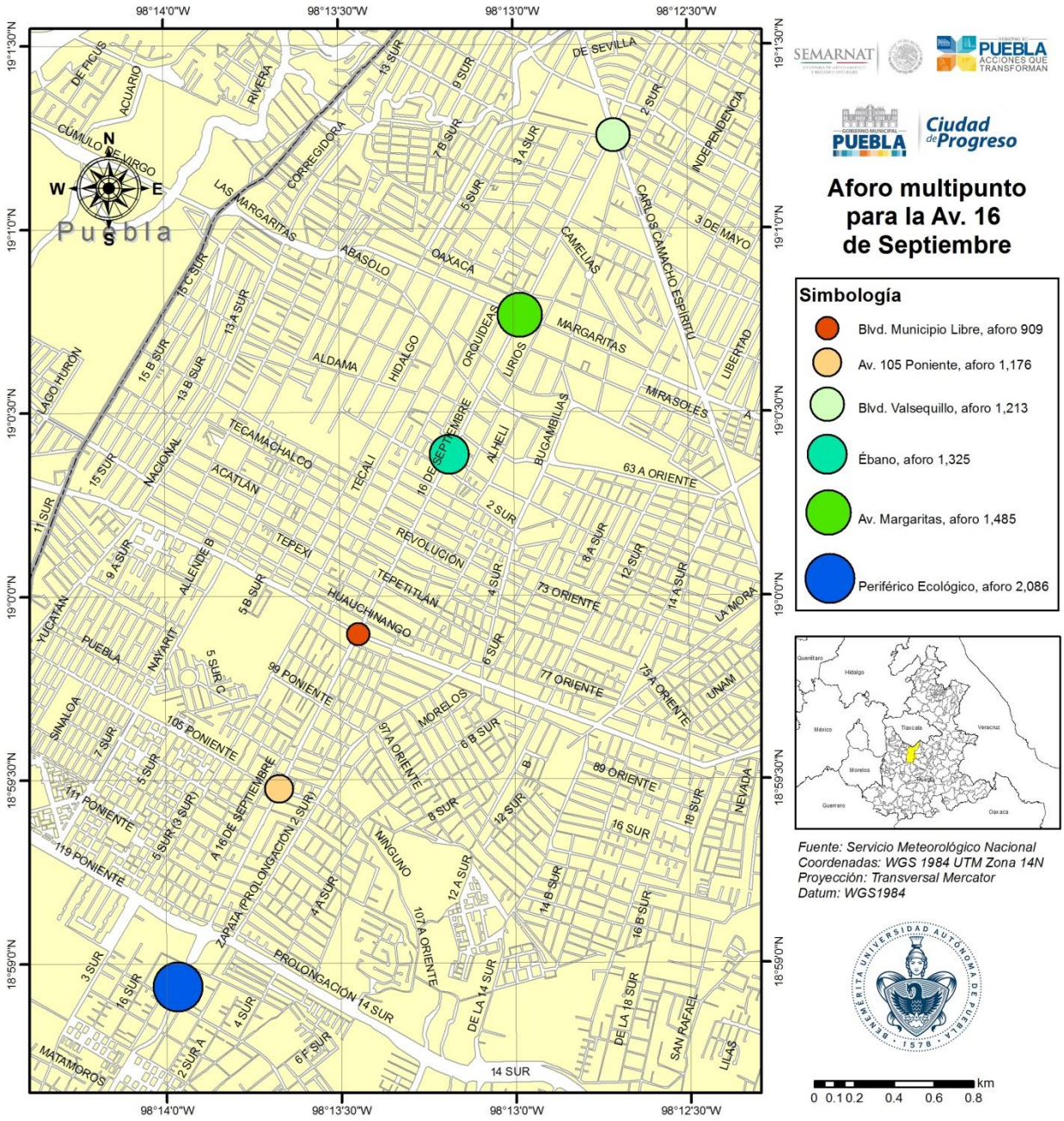
Figura 6.46 *Aforo multipunto para la Av. 11 Norte-Sur considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Los resultados del aforo multipunto para la Av. 16 de Septiembre se muestran en la figura 6.47. Los resultados arrojados por el presente estudio, indican que, en lo que respecta a la Av. 16 de Septiembre, el aforo es mayor para la parte sur de la vialidad. Es importante hacer notar que, ambas vialidades, tanto la Av. 11 Norte-Sur como la Av. 16 de Septiembre, son las principales rutas que conectan a las colonias del sur del municipio.

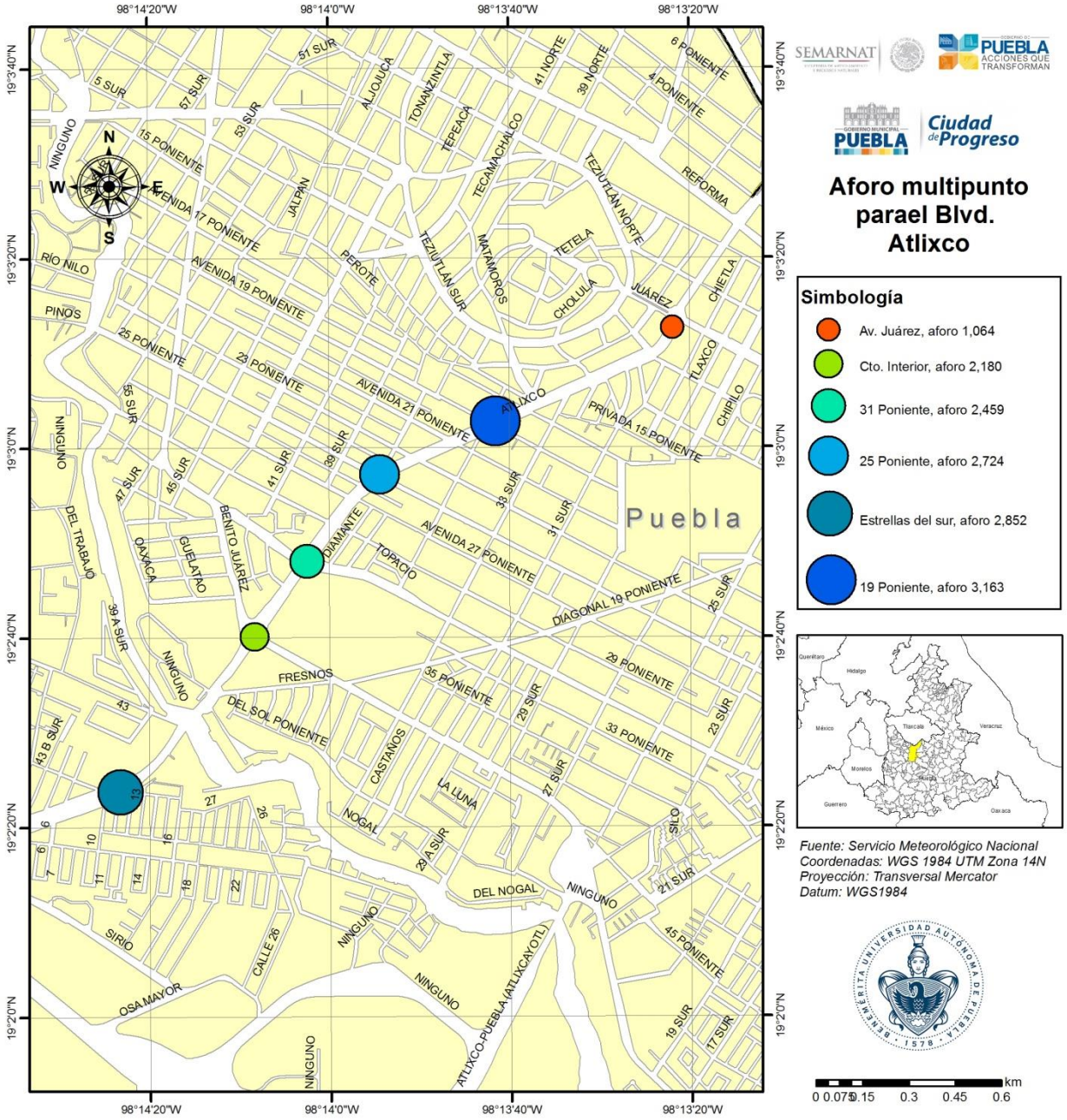
Figura 6.47 *Aforo multipunto para la Av. 16 de Septiembre considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Boulevard. Atlixco, presenta en flujo homogéneo de vehículos en cinco de los seis puntos en los que se llevó a cabo el conteo del aforo multipunto. Es importante mencionar que en la Av. Juárez dicho conteo únicamente considero los vehículos circulando en las laterales del Boulevard. Atlixco.

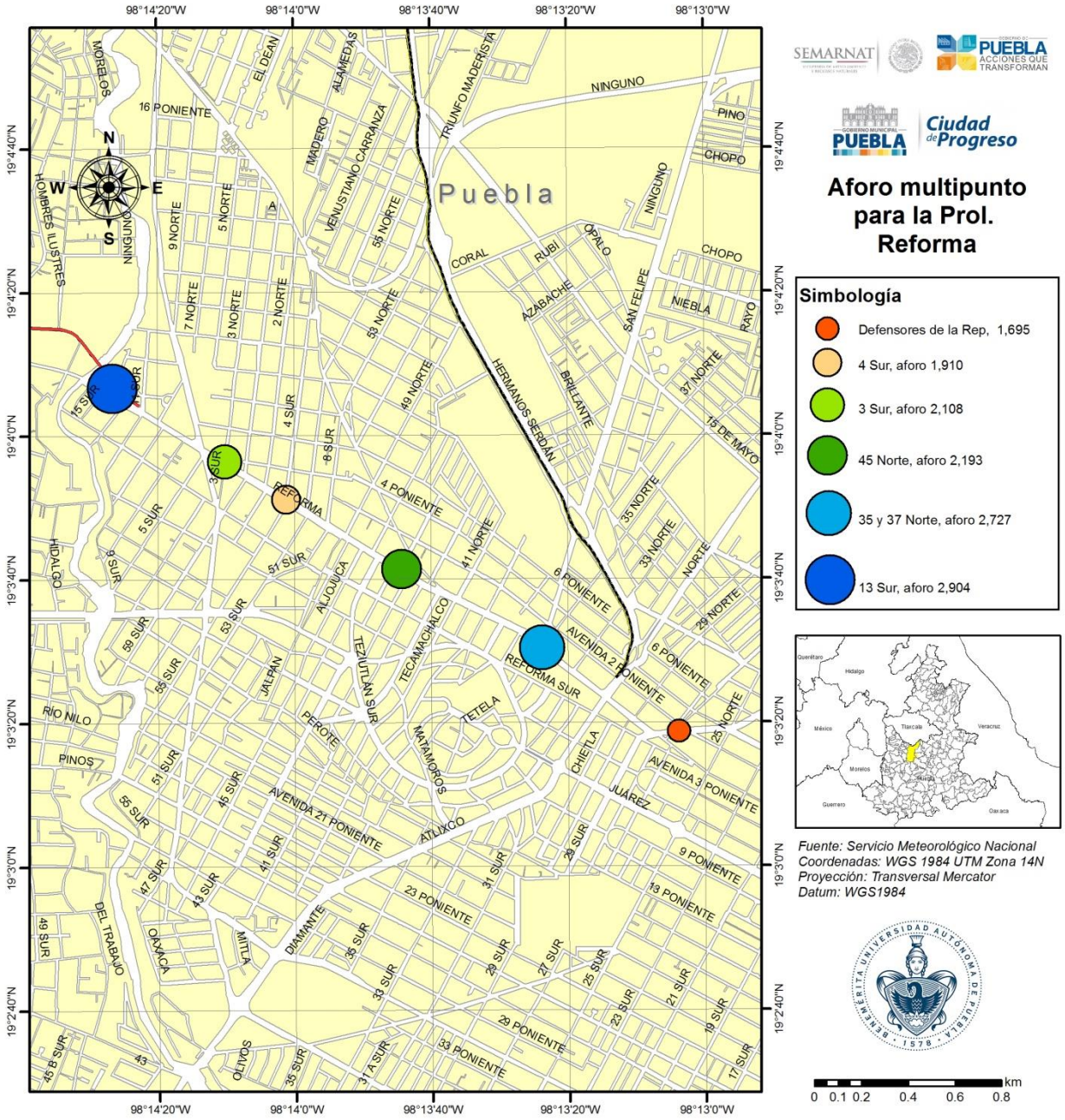
Figura 6.48 *Aforo multipunto para el Boulevard. Atlixco considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En lo relativo al flujo de vehículos en la Prol. Reforma, tenemos que en la zonas cercana al Boulevard. Norte y al Boulevard Esteban de Antuñano se presentan los valores más altos de aforo vehicular.

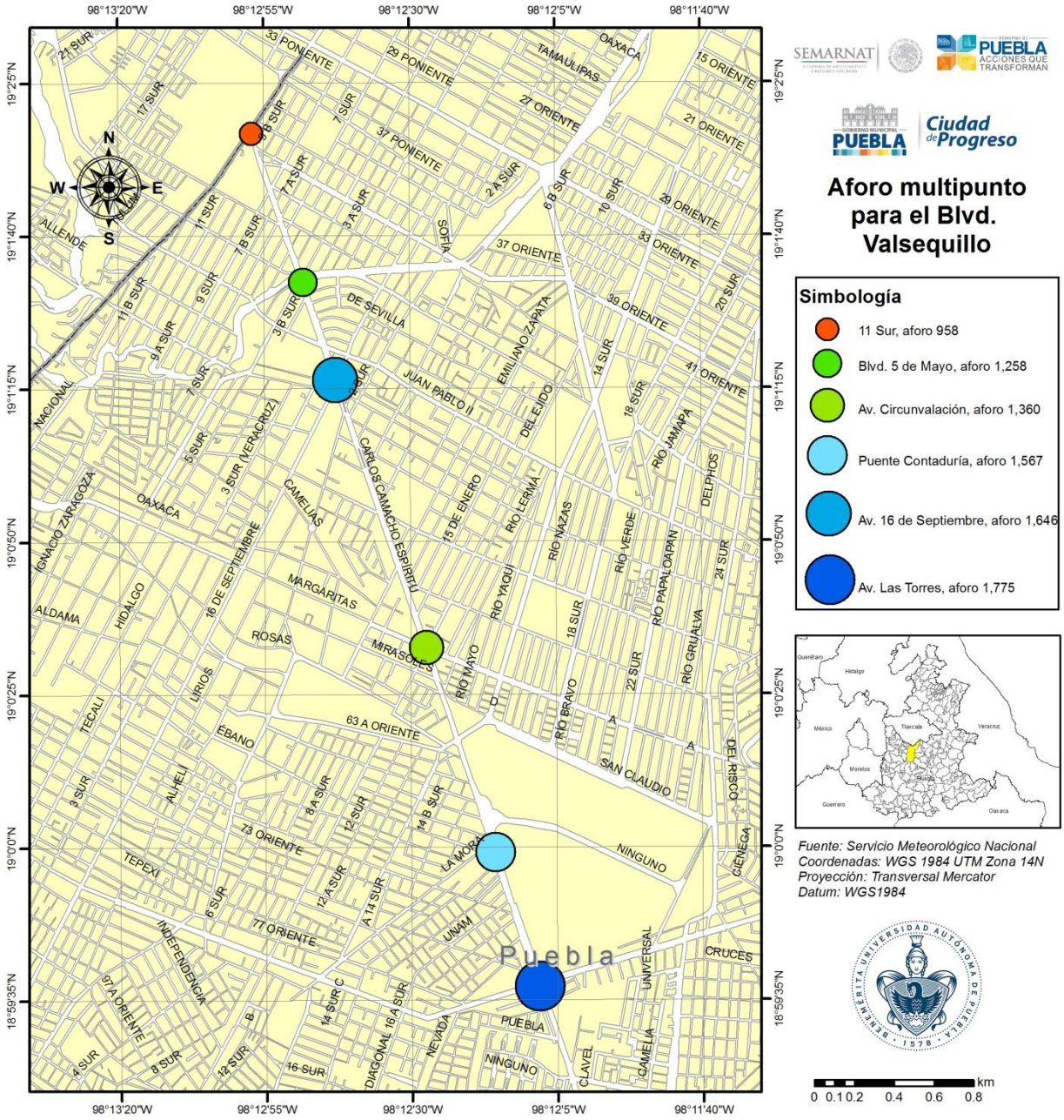
Figura 6.49 *Aforo multipunto para la Prol. Reforma considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

El aforo multipunto para el Boulevard. Valsequillo, figura 6.50, nos muestra que un mayor número de vehículos circulan en la zona del centro comercial Plaza Cristal, ubicada en la esquina con la Av. 16 de Septiembre, y en la zona de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla que incluye los puntos relativos a Av. de las Torres y al puente de Contaduría.

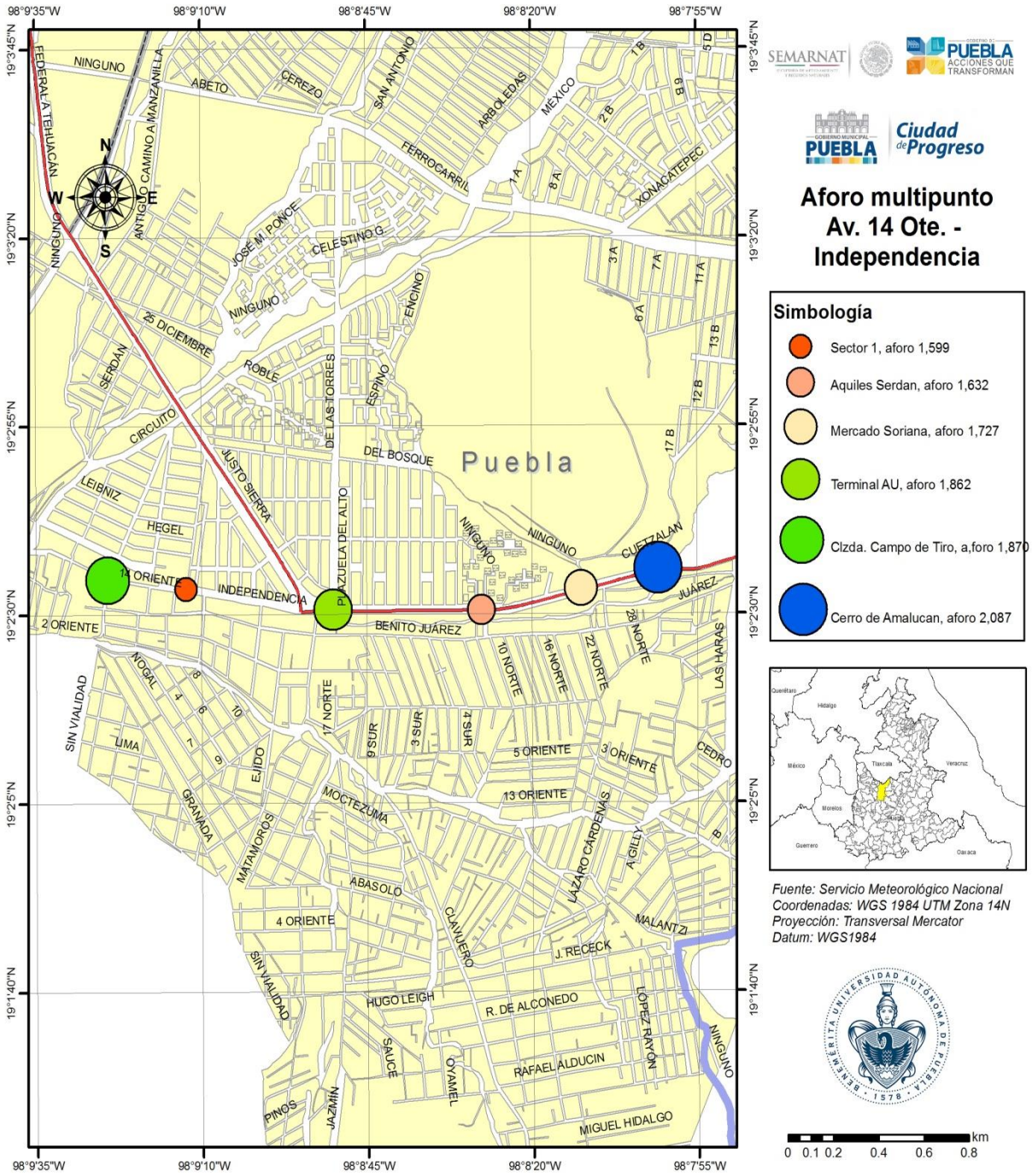
Figura 6.50 *Aforo multipunto para el Boulevard. Valsequillo considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En lo que respecta a la Av. 14 Ote. - Independencia tenemos que, tal cual lo muestra la figura 6.51, el punto donde circula la mayor cantidad de vehículos, es en la zona cercana al cerro de Amalúcan.

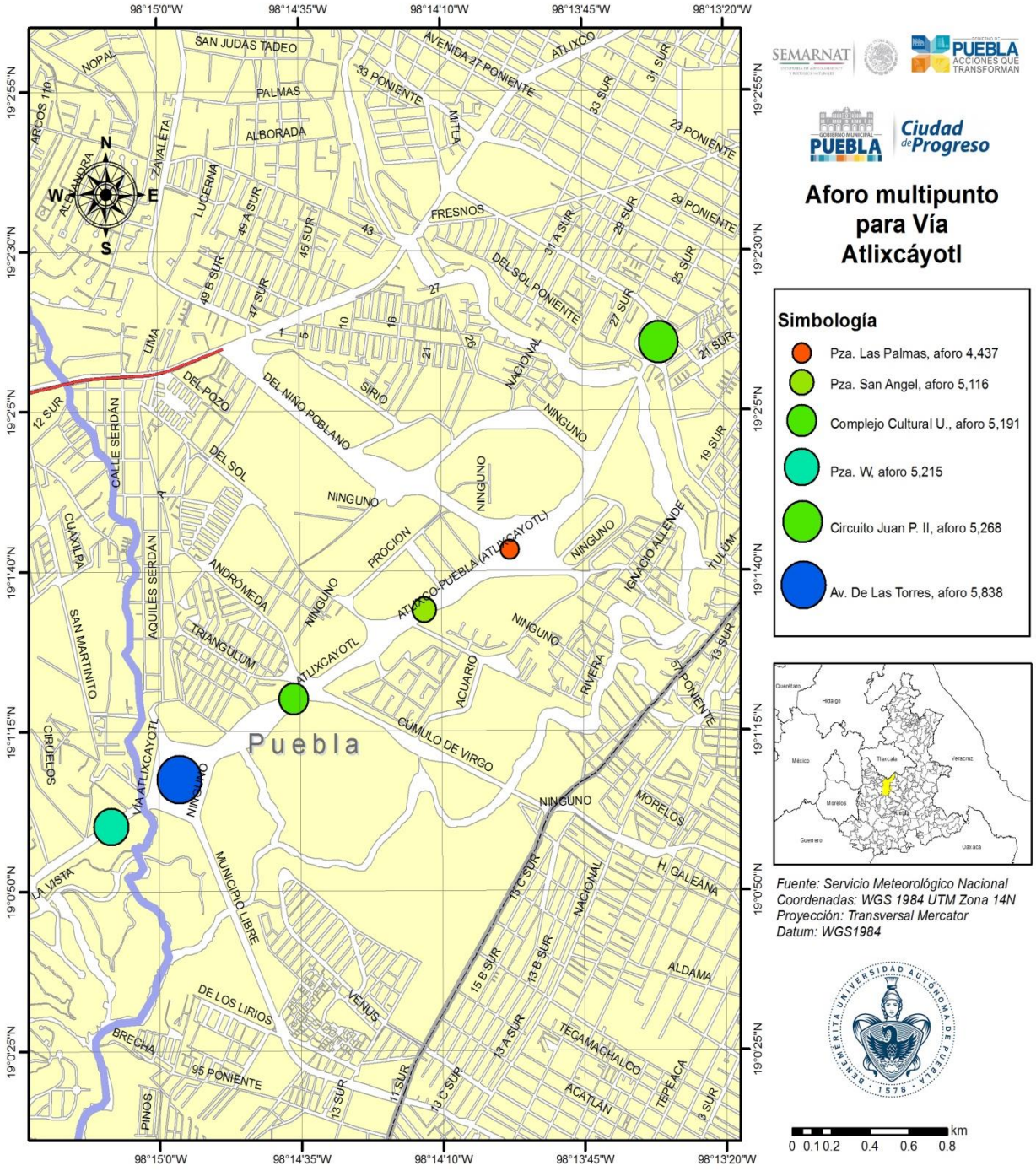
Figura 6.51 *Aforo multipunto Av. 14 Ote. - Independencia considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

El aforo multipunto para la vía Atlixcáyotl, indica que es la vialidad con mayor aforo en el municipio. Por otra parte, se muestra en la figura 6.52 que la intersección con la Av. de las Torres es la zona con mayor circulación de vehículos.

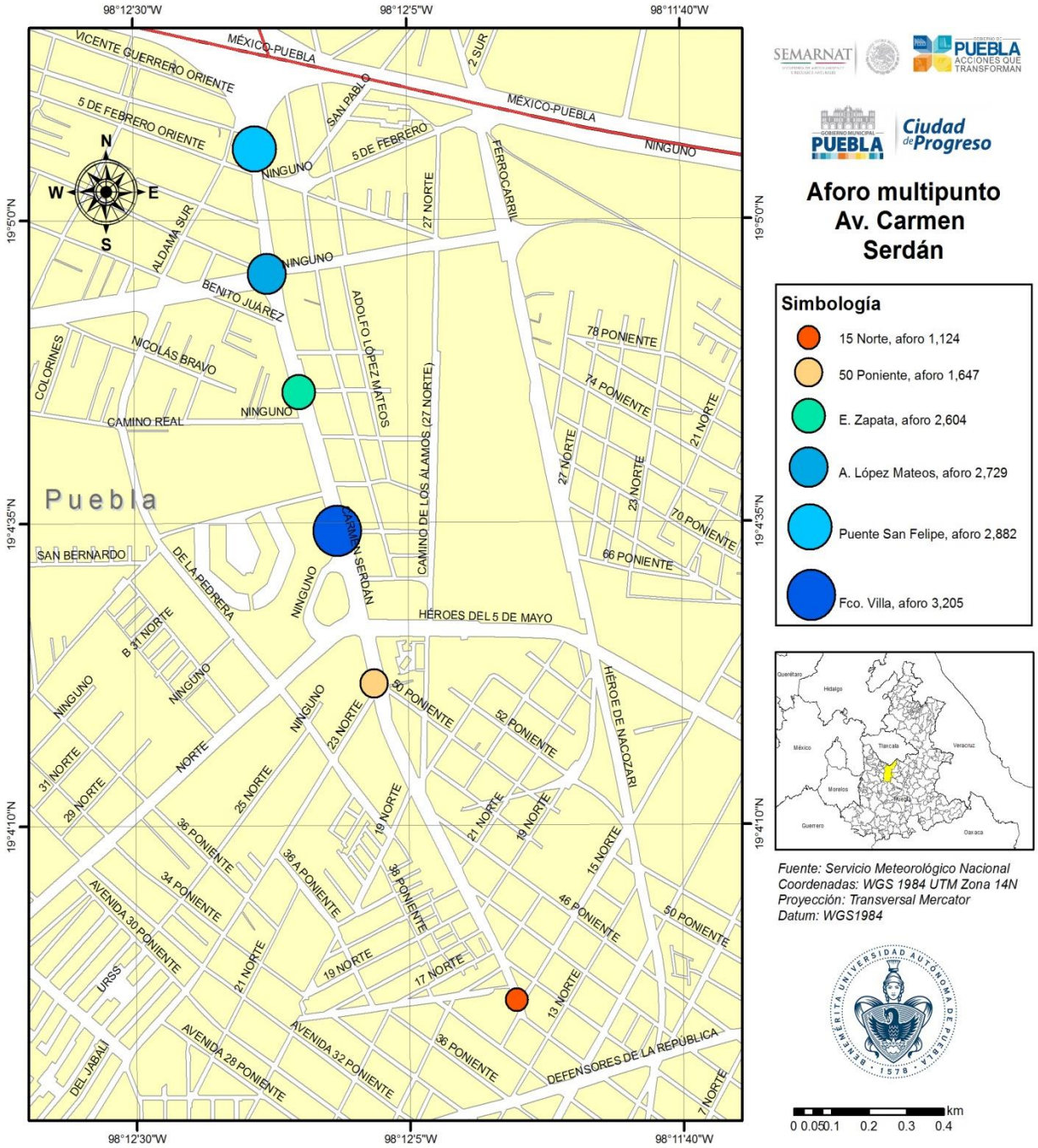
Figura 6.52 *Aforo multipunto Vía Atlixcáyotl considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Para la Av. Carmen Serdán corresponde el aforo multipunto detallado en la figura 6.53 que muestra el mayor aforo presente en la zona cercana a la Central de Autobuses de Puebla (CAPU).

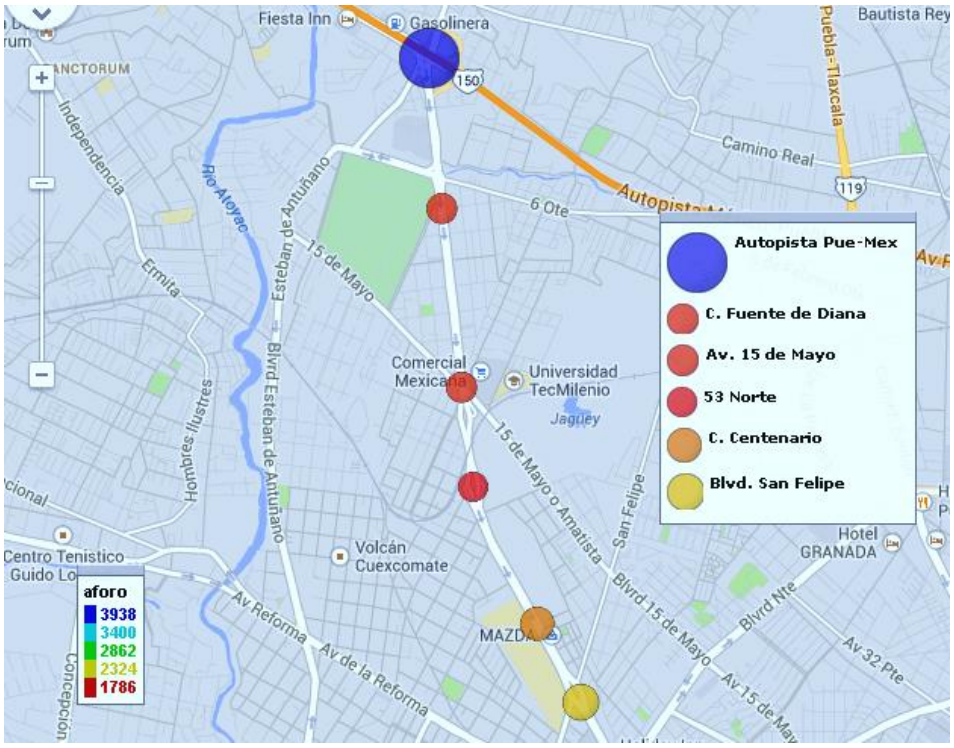
Figura 6.53 *Aforo multipunto Av. Carmen Serdán considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

La Av. Hermanos Serdán presenta, en la mayoría de las zonas consideradas para el aforo multipunto, una circulación de menos de 2,300 vehículos. La única zona que rebasa los 3 mil es la intersección con la autopista México-Puebla (figura 6.54).

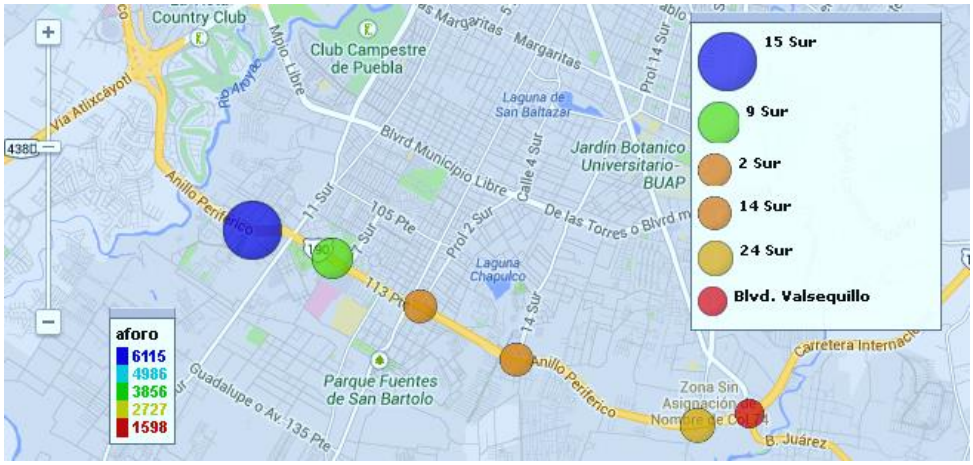
Figura 6.54 *Aforo multipunto Av. Hermanos Serdán considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Los resultados del aforo multipunto para el Periférico Ecológico, que se despliegan en el mapa de la figura 6.55, muestran que dicha vialidad tiene un flujo heterogéneo de vehículos. Específicamente tenemos que el punto cercano a la Av. 11 Norte-Sur es la zona que presenta un significativo aumento de vehículos en circulación.

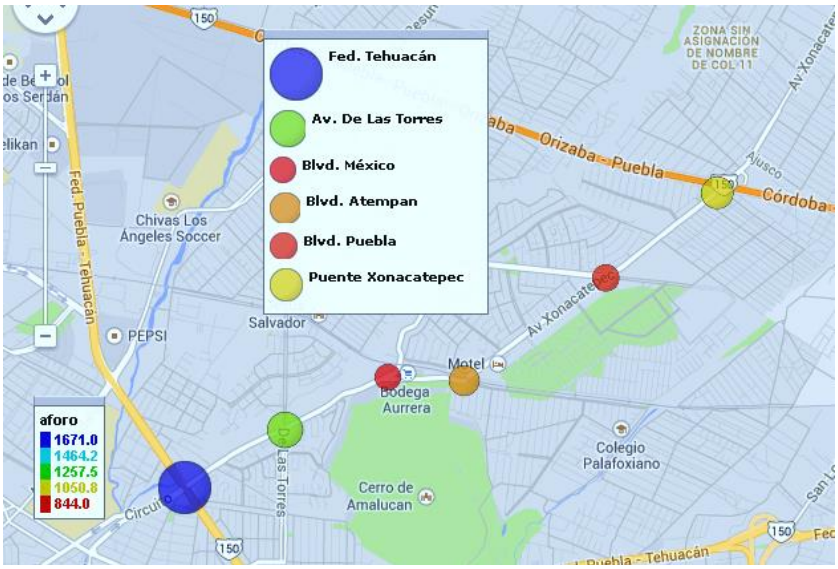
Figura 6.55 *Aforo multipunto Periférico Ecológico considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

La Figura 6.56 muestra los resultados del aforo multipunto para la Av. Xonacatepec, se observa que en esta vialidad el flujo de vehículos es significativamente heterogéneo, con zonas con un aforo aproximado de 800-900 vehículos (Boulevard. México y Boulevard. Puebla) y una zona con un aforo de alrededor de 1,600 vehículos (en el entronque con la Carretera Federal Puebla-Tehuacán).

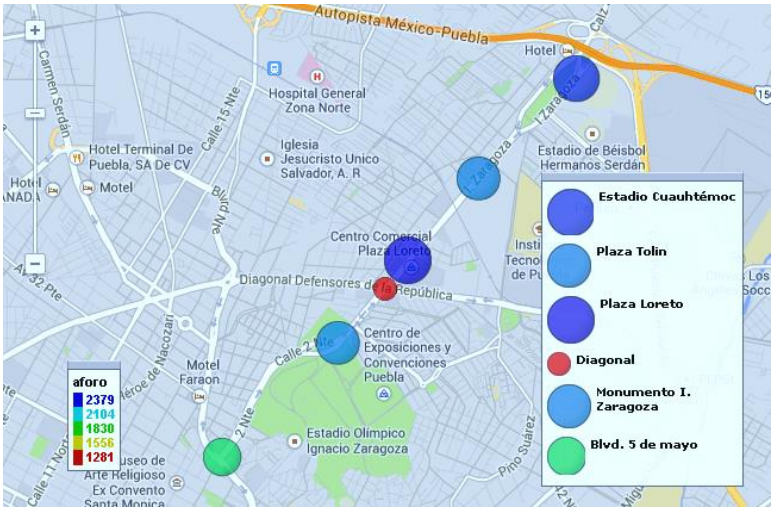
Figura 6.56 *Aforo multipunto Av. Xonacatepec considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En cuanto al flujo de vehículos a lo largo de la Calzada Ignacio Zaragoza, existe un flujo homogéneo a partir del monumento al General Ignacio Zaragoza rumbo al estadio Cuauhtémoc (figura 6.57). Es importante aclarar aquí que el punto asignado a la intersección con la Diagonal Defensores de la República, que en la figura muestra un bajo nivel de aforo, sólo consideró los vehículos circulantes en las laterales del viaducto Ignacio Zaragoza ya que en la parte superior del puente no existe un área peatonal y por consiguiente no puede llevarse a cabo un conteo apropiado del aforo.

Figura 6.57 *Aforo multipunto Calzada Ignacio Zaragoza considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

El aforo multipunto para el Boulevard. Xonaca, (figura 6.58), indica que dicha vialidad presenta un flujo de vehículos mayor en su parte central, mismo que se ve reducido en ambos extremos.

Figura 6.58 *Aforo multipunto Boulevard. Xonaca considerando ambas direcciones.*

Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

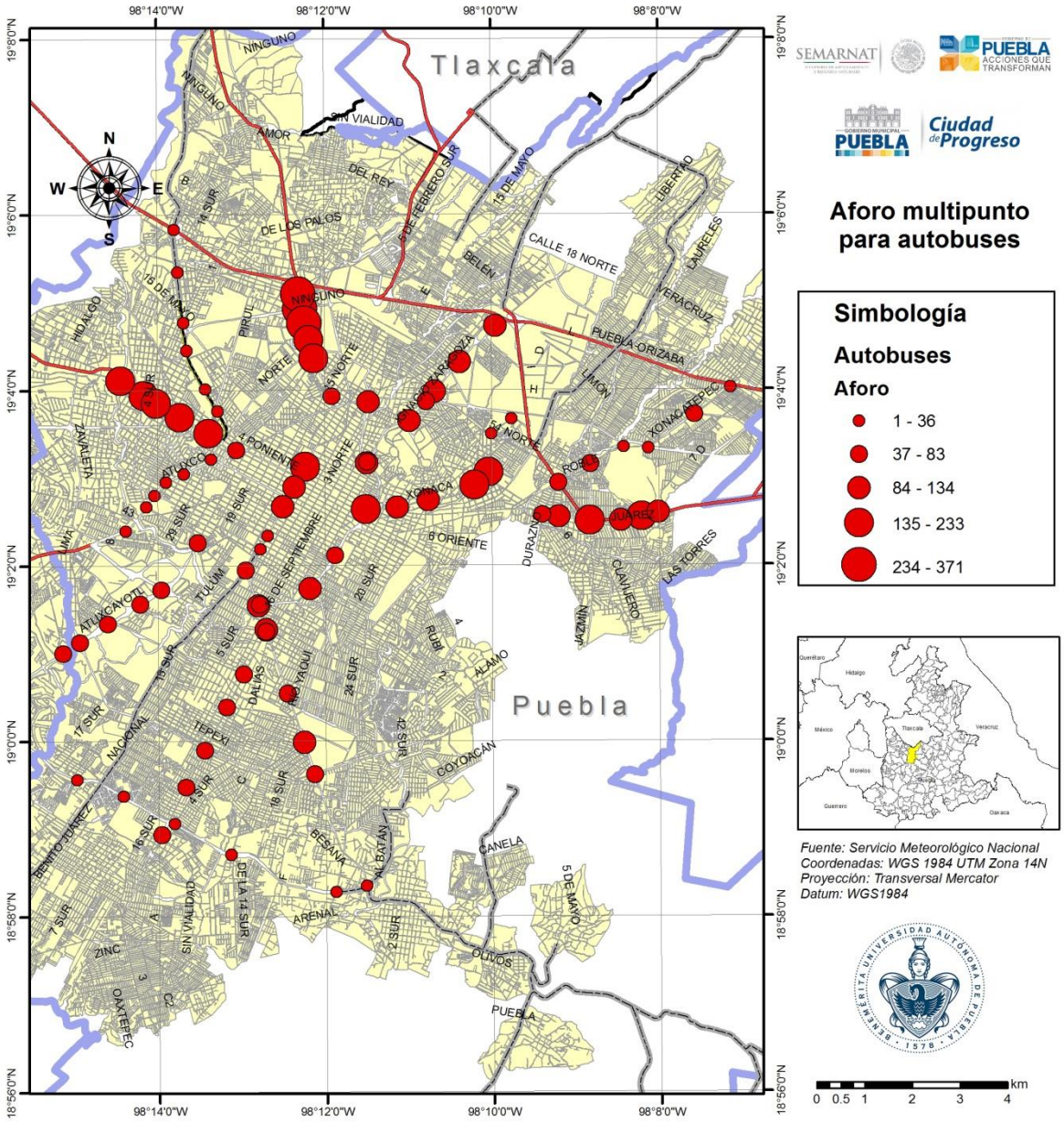
En lo relativo al aforo multipunto para la Av. 31 Pte. (figura 6.59) se puede observar que dos puntos a lo largo de esta vialidad son los que presentan los más altos valores de aforo: la intersección con el Boulevard. 5 de Mayo y la intersección con la Av. 11 Norte-Sur. Es importante señalar que en la intersección de la 31 Pte. con el Boulevard. 5 de Mayo se localiza una zona comercial de intensa actividad, mientras que en la intersección de la 31 Pte. con la 11 Sur existe una zona escolar y de hospitales. Lo anterior explica la mayor circulación de vehículos en estas zonas.

Figura 6.59 *Aforo multipunto 31 Ote-Pte. considerando ambas direcciones.*

Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En lo que respecta a las vialidades más significativas en el flujo de autobuses se puede observar, en la figura 6.60, que tres son las principales vialidades en este rubro: la Av. Carmen Serdán, la Prol. Reforma y la 14 Ote.-Independencia. Esto se debe a que en la Av. Carmen Serdán circula una gran cantidad de autobuses que arriban y parten de la CAPU, la 14 Ote-Independencia y la Prol. Reforma son las vialidades que conectan a los municipios de Amozoc y Tehuacán así como a San Pedro Cholula, respectivamente. Es importante recalcar que tanto Amozoc como San Pedro Cholula son dos de los seis municipios que conforman la denominada Zona Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP).

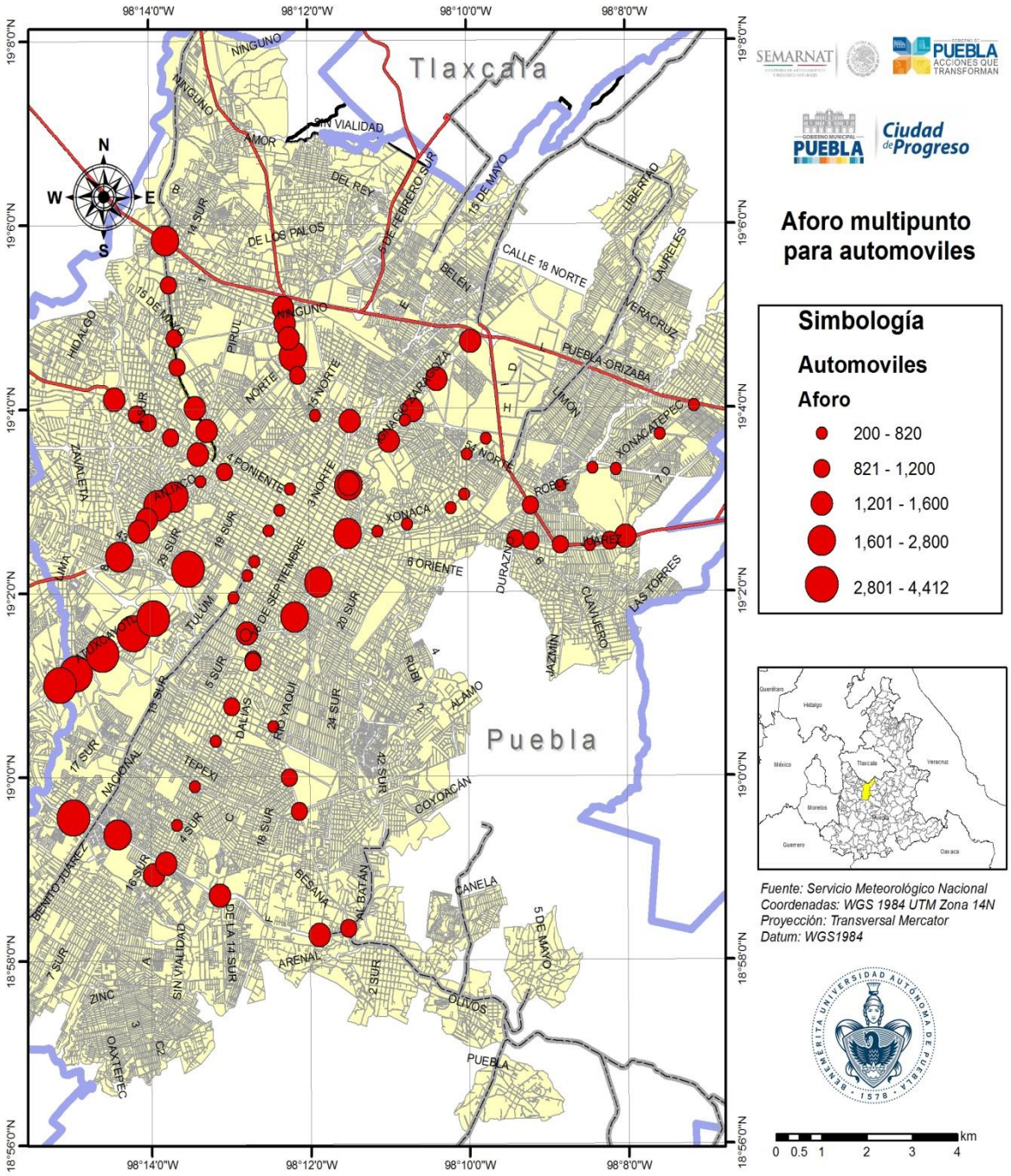
Figura 6.60 *Aforo multipunto para autobuses considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

De acuerdo con la figura 6.61, las zonas del municipio con una mayor circulación de vehículos ligeros son: la Vía Atlixcáyotl, en todos los puntos considerados por el estudio, y el Periférico Ecológico en la zona cercana a la Av. 11 Norte-Sur.

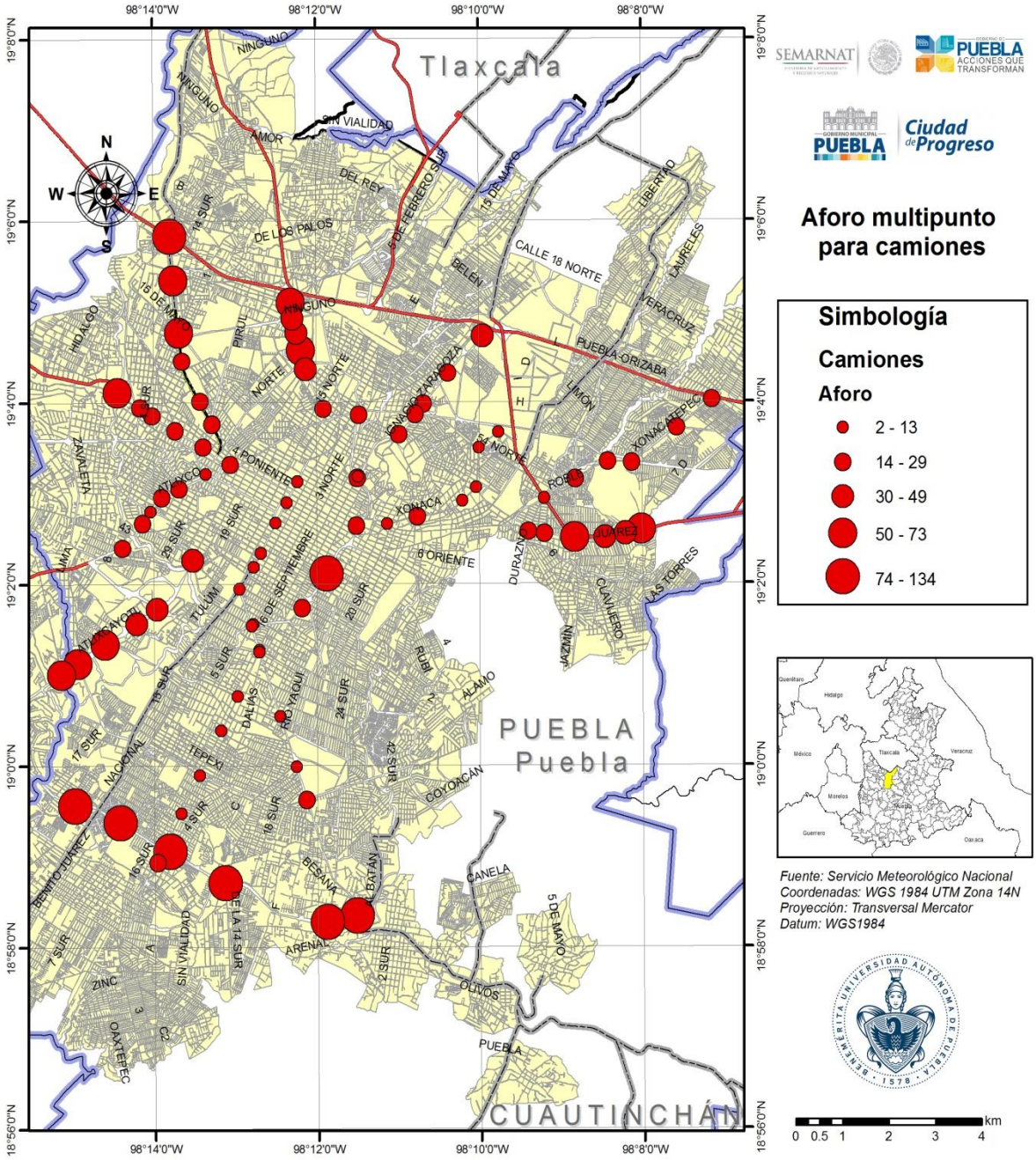
Figura 6.61 *Aforo multipunto para automóviles ligeros considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

En la figura 6.62 se muestra el aforo de camiones registrado para seis diferentes puntos a lo largo de todas y cada una de las 15 vialidades consideradas. Se observa que el Periférico Ecológico sobresale con valores de aforo superiores a 100 camiones cada 40 minutos.

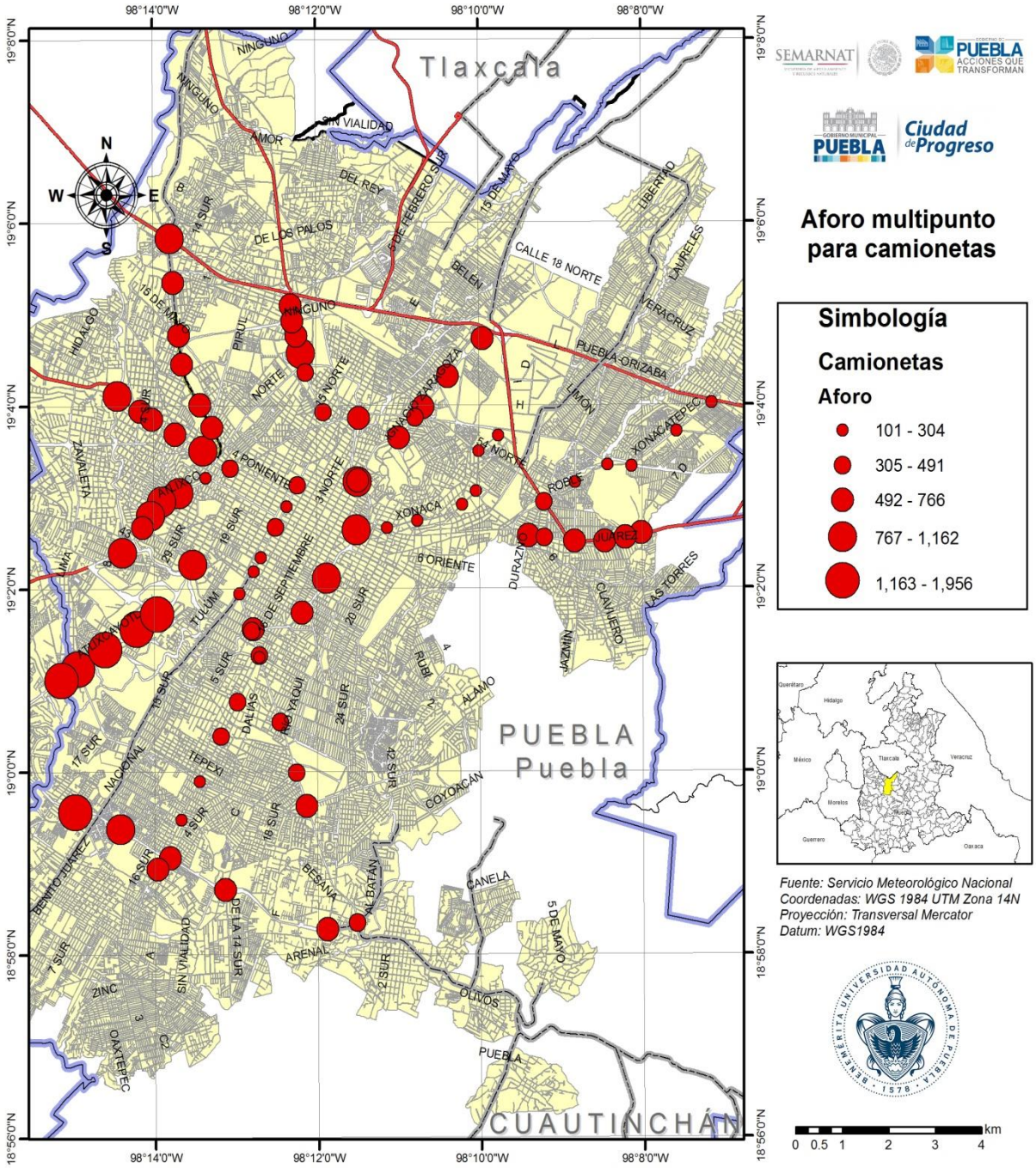
Figura 6.62 *Aforo multipunto para camiones considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

El aforo correspondiente a camionetas se muestra en la figura 6.63. Es muy similar al obtenido para automóviles ligeros, con la vía Atlixcáyotl y el Periférico Ecológico, siendo las vialidades más sobresalientes en esta categoría.

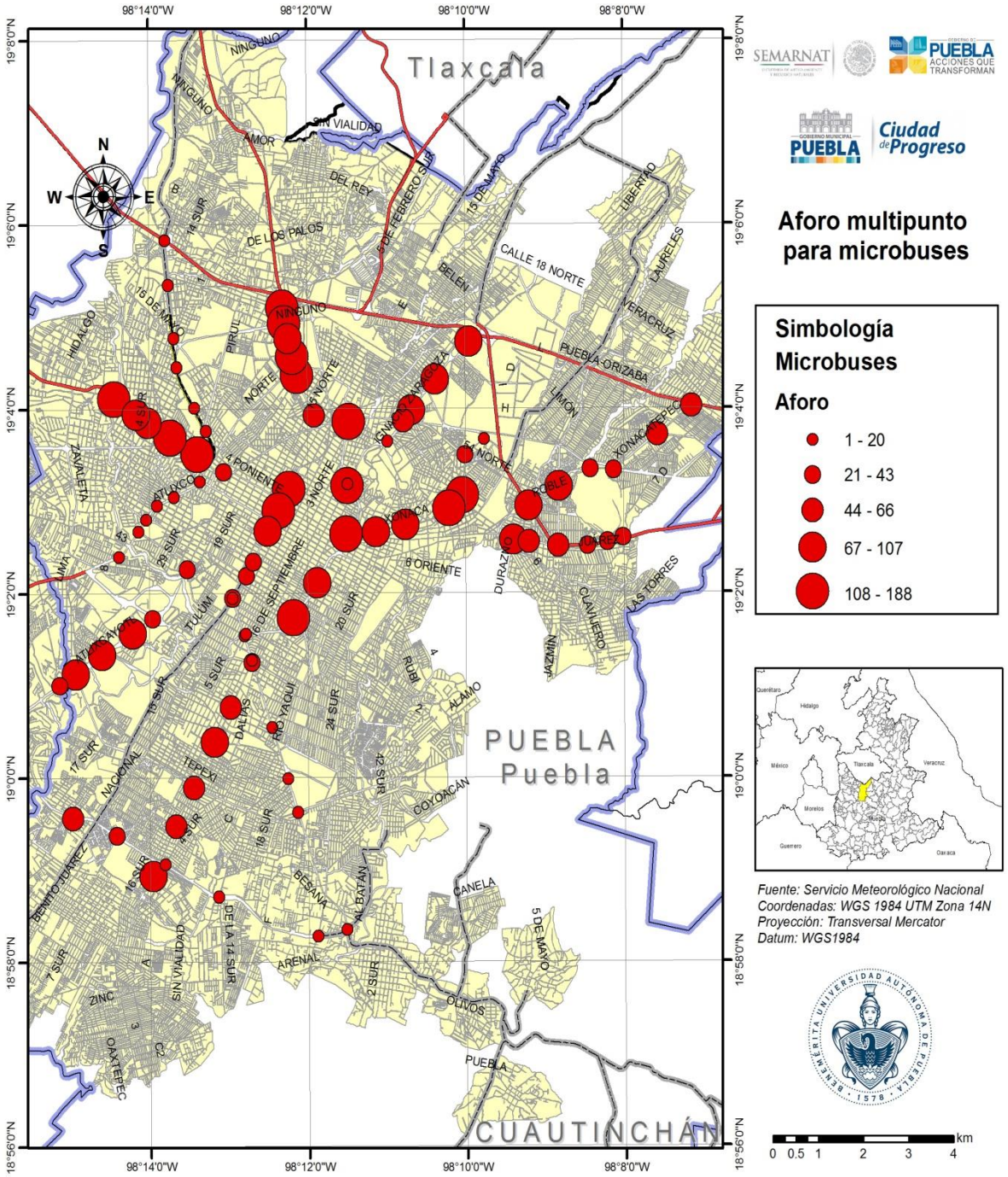
Figura 6.63 *Aforo multipunto para camionetas considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

Las vialidades más representativas en lo referente a la cantidad de microbuses que circulan en ellas son Prolongación Reforma, la Av. Carmen Serdán, el Boulevard. 5 de Mayo, el Boulevard. Xonaca y la parte céntrica de la Av. 11 Norte-Sur. Lo anterior, se observa en la figura 6.64.

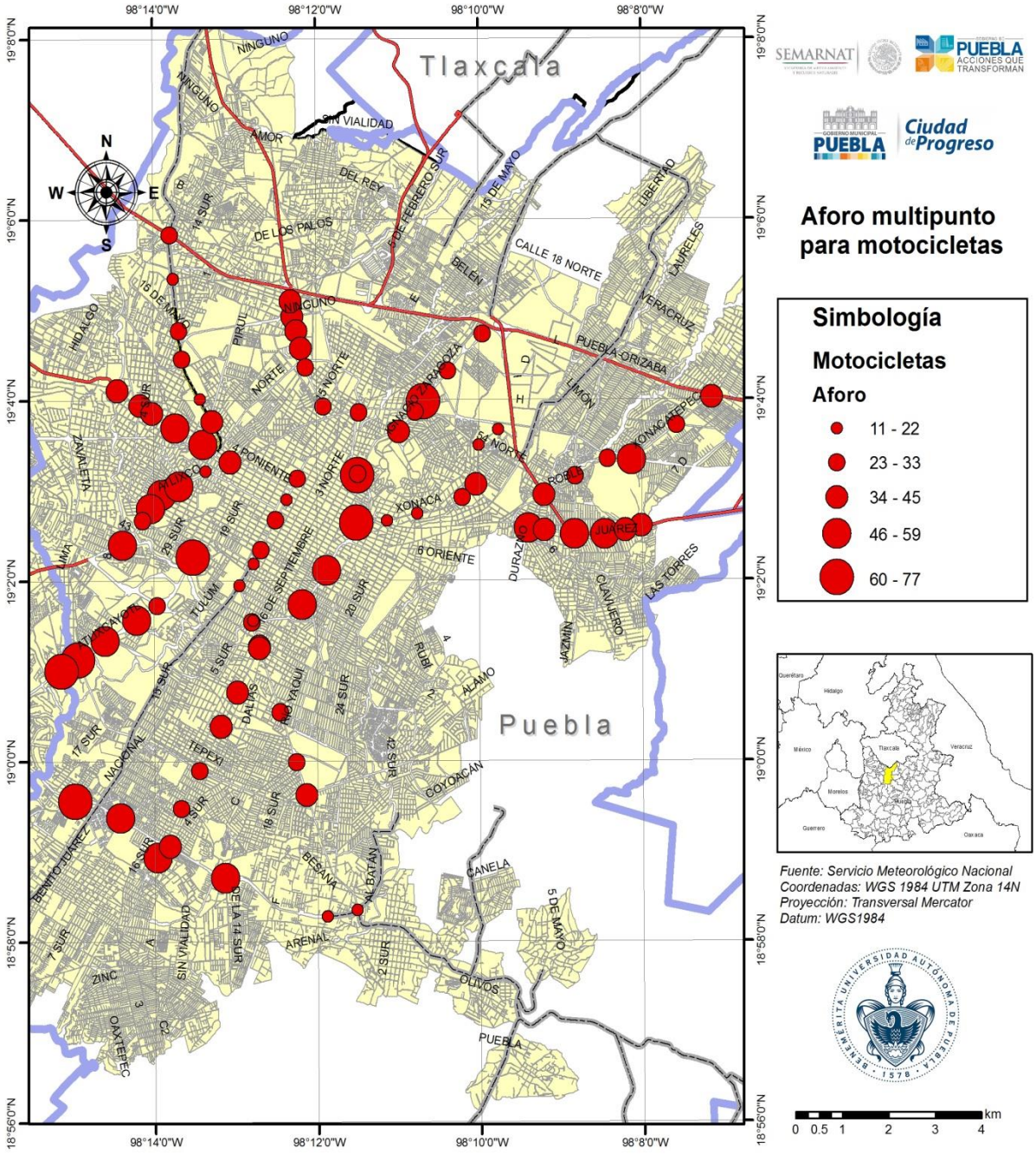
Figura 6.64 *Aforo multipunto para microbuses considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

En la figura 6.65 se observa que, de acuerdo con los datos arrojados por el estudio, de las 15 vialidades consideradas, la zona con un mayor flujo de motocicletas es la intersección del Boulevard. 5 de Mayo y el Boulevard. Valsequillo.

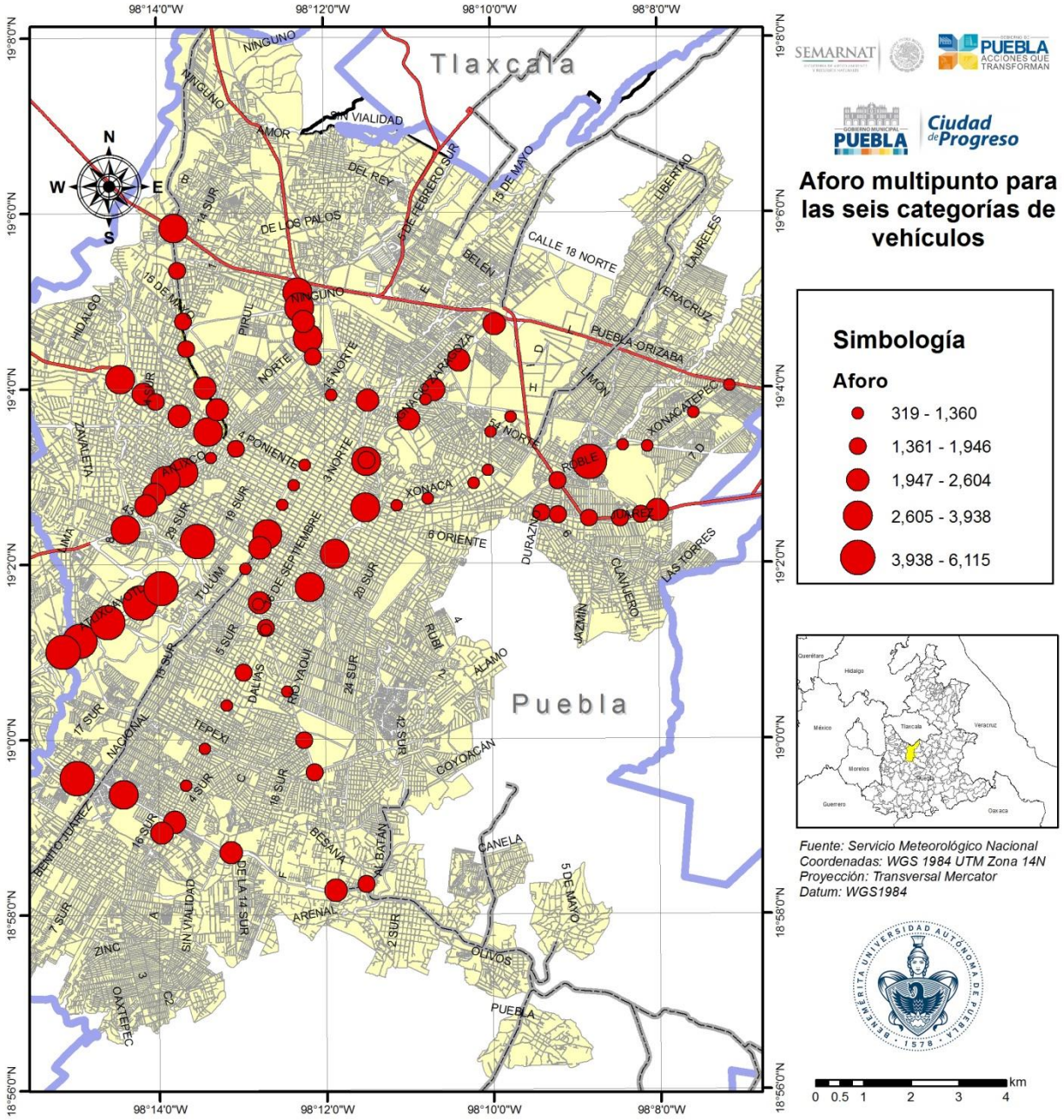
Figura 6.65 *Aforo multipunto para motocicletas considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

El aforo multipunto total para las 15 vialidades, considerando las seis categorías de vehículos, se muestra en la figura 6.66. Dado que los vehículos ligeros junto con las camionetas constituyen alrededor del 90% de los vehículos que circulan por el municipio, en la figura puede observarse que el aforo total sigue una tendencia similar a la mostrada para los automóviles ligeros y las camionetas. Es decir, la vía Atlixcáyotl, el Boulevard. 5 de Mayo y el Periférico ecológico son las vialidades más relevantes en cuanto a la cantidad de vehículos circulantes.

Figura 6.66 *Aforo multipunto para las seis categorías de vehículos considerando ambas direcciones.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

6.3 Velocidad

Uno de los mecanismos que permite reducir las emisiones por fuentes móviles, es el incremento de la velocidad en el tránsito característico de zonas urbanas. Por lo que para este estudio se consideran las 15 vialidades elegidas como de importancia en el municipio de Puebla.

Velocidad de circulación promedio en las 15 vialidades consideradas en el estudio

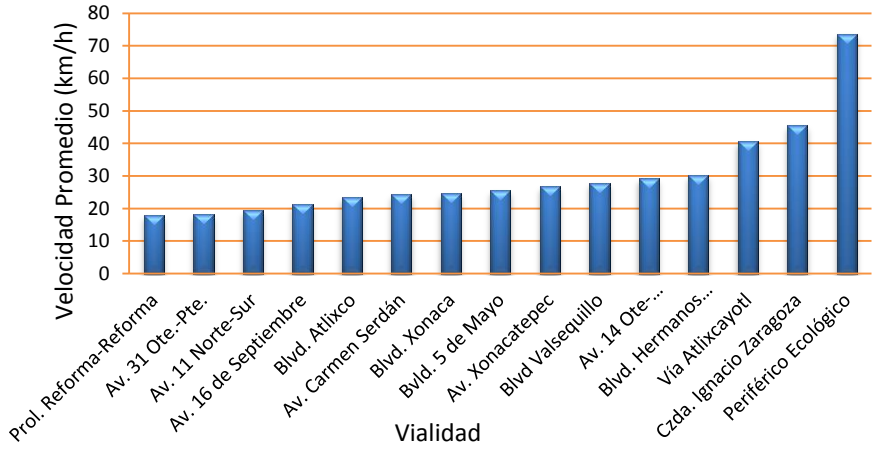
En lo que respecta a la velocidad promedio de circulación en la tabla 6.7 se muestran los resultados obtenidos. Se desglosa por vialidad la velocidad de circulación, la desviación estándar, la velocidad máxima y el porcentaje de tiempos muertos. En las figuras 6.67 y 6.68 se muestran gráficas ordenando las vialidades por los valores de velocidad y tiempos muertos.

Tabla 6.7 *Velocidad de circulación promedio y porcentaje de tiempos muertos para las 15 vialidades contempladas por el estudio considerando ambas direcciones.*

Vialidad	Velocidad Prom. (km/h)	Desviación estándar de velocidad (km/h)	Velocidad Máx.(km/h)	Porcentaje de tiempos muertos
Boulevard. 5 de Mayo	26	22	66	32%
Boulevard. Hermanos Serdán	30	27	74	36%
Boulevard. Atlixco	23	22	67	34%
Calzada Ignacio Zaragoza	46	21	76	10%
Vía Atlixcáyotl	41	26	81	17%
Av. Xonacatepec	27	17	60	17%
Av. 14 Ote-Independencia	29	19	72	18%
Boulevard. Xonaca	25	19	64	21%
Boulevard Valsequillo	28	23	82	24%
Av. 16 de Septiembre	21	18	64	28%
Prol. Reforma-Reforma	18	17	72	34%
Av. 11 Norte-Sur	19	19	67	34%
Av. Carmen Serdán	24	21	66	31%
Av. 31 Ote.-Pte.	18	18	60	39%
Periférico Ecológico	74	15	100	0%

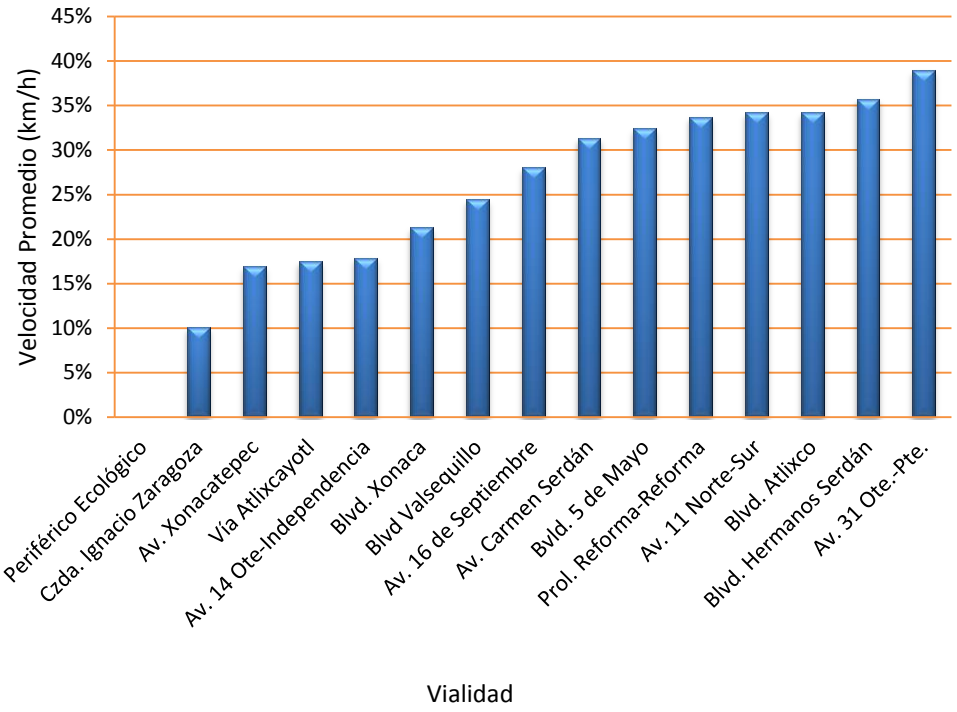
Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.67 *Velocidad de circulación promedio (ambas direcciones) en las 15 vialidades consideradas por el estudio.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Figura 6.68 *Porcentaje de tiempos muertos (ambas direcciones) en las 15 vialidades consideradas por el estudio.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

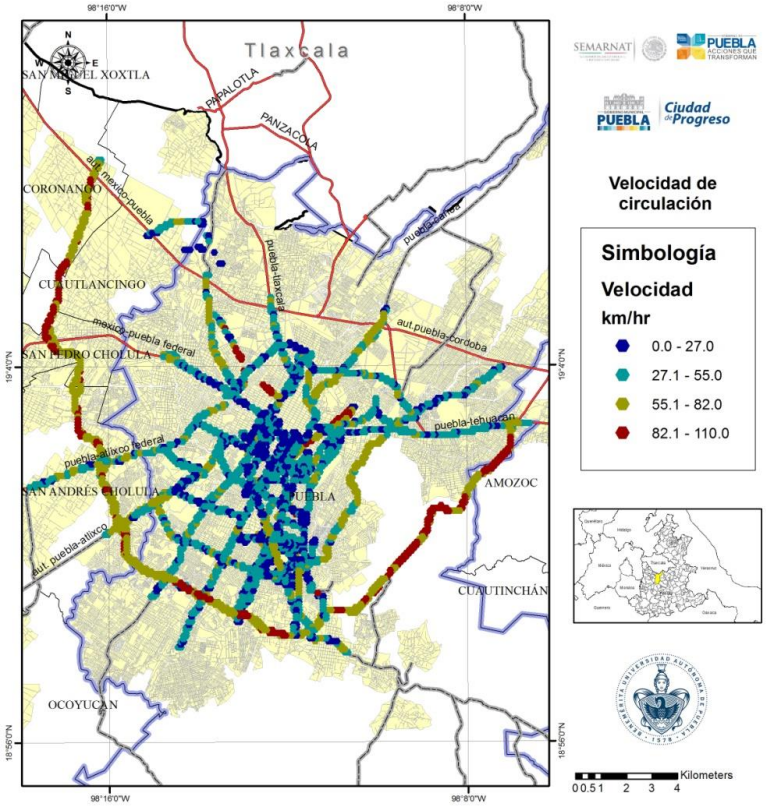
Tomando en cuenta los valores de velocidad de circulación reportados en la tabla 6.7 y figura 6.67 tenemos que la velocidad de circulación promedio para las 15 vialidades contempladas en el estudio es de 30 km/h. Siguiendo una metodología similar tenemos que para el caso de los tiempos muertos (figura 6.68), el porcentaje de tiempos muertos promedio es del 25%.

La vialidad que presenta una velocidad promedio de circulación mayor es el Periférico Ecológico con 74 km/h. En contraste, las vialidades con las menores velocidades de circulación son la Prol. Reforma, la 31 Ote.-Pte. la Av. 11 Norte-Sur y la Av. 16 de Septiembre. Todas ellas con una velocidad que ronda los 20 km/h. Cabe mencionar que la Av. 11 Norte-Sur, como se ha mencionado anteriormente, presentaba labores de mantenimiento durante el periodo de estudio.

En lo relativo al porcentaje de tiempos muertos, el Periférico Ecológico es una vialidad con circulación prácticamente con 2 semáforos, uno en el cruce con la 24 sur y el otro en Valsequillo y presenta solo el 3% en tiempos muertos. En contraparte la Av. 31 Ote.-Pte., el Boulevard. Hermanos Serdán, el Boulevard. Atlixco, la Av.11 Norte-Sur y la Prol. Reforma son las vialidades que presentan los más altos porcentajes de tiempos muertos, todos ellos con porcentajes iguales o mayores al 34%.

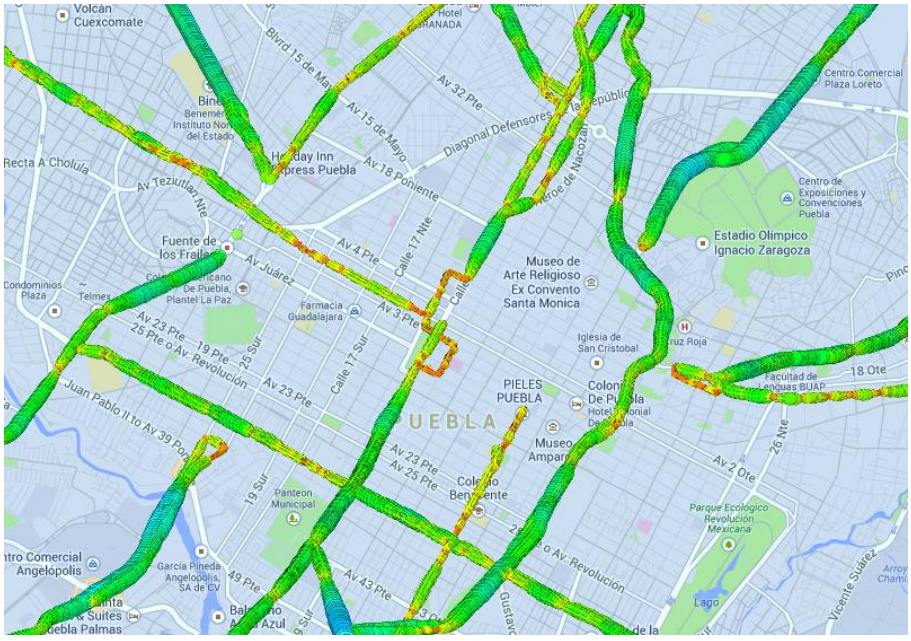
En la figura 6.69 se muestra un mapa que detalla la velocidad de circulación georreferenciada para cada una de las 15 vialidades consideradas por el estudio. En dicha figura, el tamaño y el color del marcador indican la velocidad. El tamaño de cada marcador es directamente proporcional a la velocidad de circulación en cada punto. En el mapa puede distinguir claramente que el Periférico Ecológico resalta como la vialidad más rápida del municipio. También puede observarse que la zona cercana al Centro Histórico es la que presenta la circulación más lenta, con velocidades menores a los 20 km/h (figura 6.70).

Figura 6.69 *Velocidad de circulación georreferenciada para las 15 vialidades consideradas en el estudio.*



Fuente: *Elaboración propia CEEA - ARCGIS, con datos obtenidos en campo, mapa base INEGI shape carta geoestadística urbana, 2012.*

Figura 6.70 *Velocidad de circulación georreferenciada para las 15 vialidades consideradas en el estudio (Zoom de la zona centro).*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

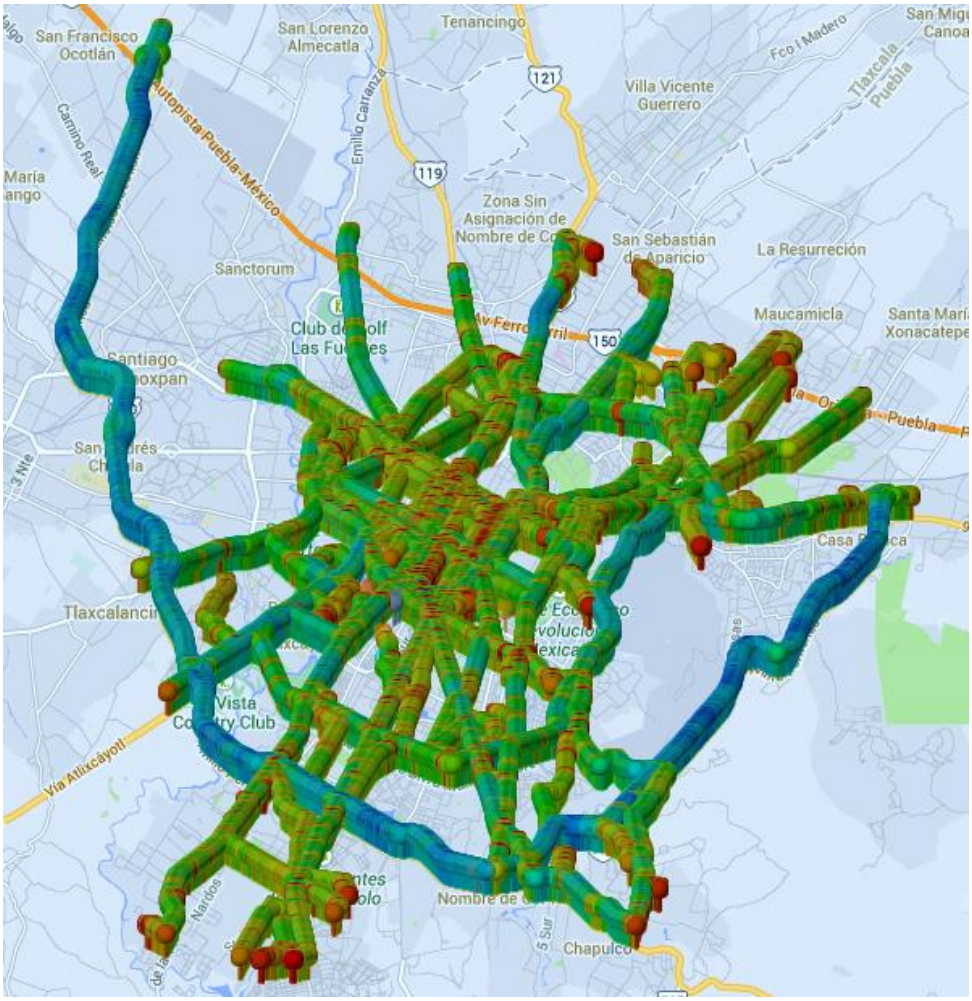
Velocidad de circulación promedio y tiempos muertos para todo el municipio

Como parte del estudio, también se llevó a cabo la estimación de la velocidad de circulación promedio en todo el municipio. No sólo fueron consideradas las 15 vialidades de la tabla 6.2, sino también las calles secundarias. Tal cual se menciona en la sección de metodología, un automóvil utilitario así como taxis de servicio público acondicionados con un dispositivo de medición de velocidad georreferenciada recorrieron las calles de Puebla durante varios días.

Los resultados de este estudio indican que velocidad promedio de circulación en el municipio es de aproximadamente 29 km/h, mientras que el porcentaje de tiempos muertos es del 26%. En lo que respecta a la desviación estándar del promedio de velocidad tenemos que es de 25 km/h, mientras que la velocidad máxima reportada en el percentil 98 está arriba de 120 km/h.

En la figura 6.71 se muestra un mapa indicando con marcadores de diferente color la velocidad de circulación correspondiente en la zona del municipio de Puebla a dicho punto. Asimismo, la figura 6.72 presenta un acercamiento a la zona centro de la ciudad. En ambas figuras las zonas de color rojo se asocian con tiempos muertos.

Figura 6.71 *Velocidad de circulación georreferenciada para el municipio de Puebla.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

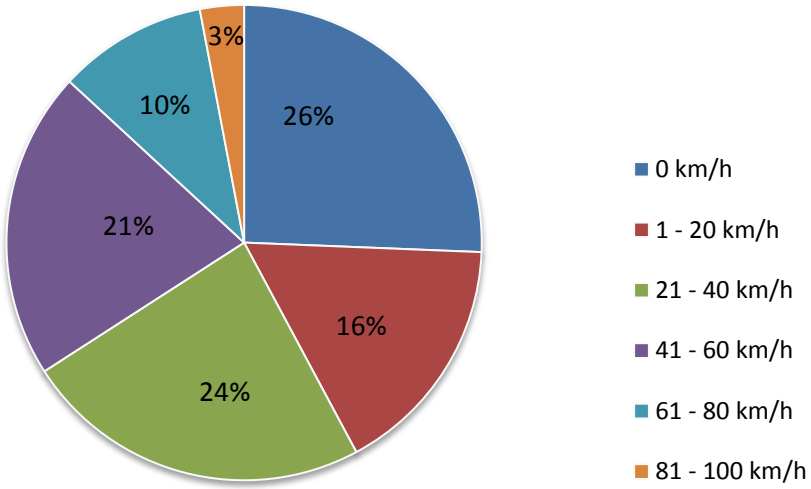
Figura 6.72 *Velocidad de circulación georreferenciada para el municipio de Puebla, acercamiento a la zona centro.*

Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

La figura 6.73 detallan los porcentajes correspondientes a los diferentes rangos de velocidad de circulación en el municipio de Puebla. Esta figura nos indica el porcentaje que ocupan, respecto al total de la información recabada, todos aquellos puntos georreferenciados en los que se estimó una velocidad de circulación dentro de determinado rango.

Es importante hacer notar que el valor de 0 km/h, asociado a los tiempos muertos, es el rango de velocidad con un mayor porcentaje, con el 26%. Por otro lado puede observarse que los rangos de velocidades comprendidas entre 21-40 km/h y 41-60 km son los siguientes en importancia, con el 24% y el 21%, respectivamente. Puede notarse en la figura 6.73 que en sólo el 13% de los puntos, los vehículos circulan a velocidades mayores a 60 km/h.

Figura 6.73 *Velocidad de circulación en el municipio de Puebla.*

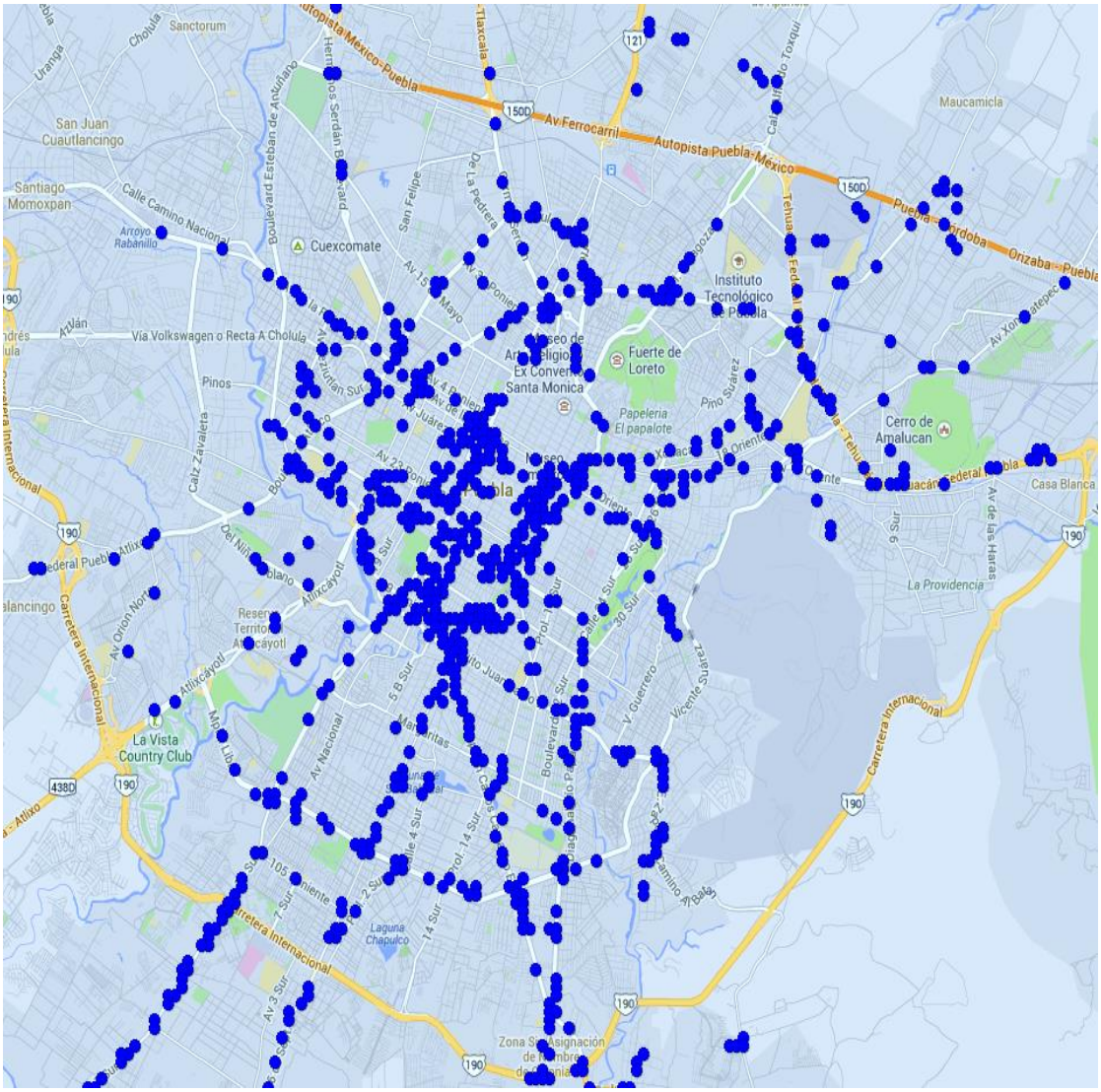


Fuente: *Elaboración propia CEEA, con datos obtenidos en campo.*

Los datos reportados por la figura 6.73, se complementan con los mapas de las figuras 6.74 – 6.79 en los que se muestran los puntos georreferenciados correspondientes a cada uno de los rangos de velocidad mencionados. De esta manera, la Figura 6.74 muestra los puntos de la ciudad asociados con los tiempos muertos, es decir los puntos de la ciudad con velocidades de circulación iguales a 0 km/h.

En dicha figura puede observarse que aunque los tiempos muertos están esparcidos a lo largo de todo el municipio, la densidad de estos aumenta en la parte correspondiente al Centro Histórico. De igual forma la gran mayoría de los puntos con circulación igual a 10 km/h se encuentran localizados en las intersecciones de calles y avenidas.

Figura 6.74 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación igual a 0 km/h, la cual se asocia a los tiempos muertos.*

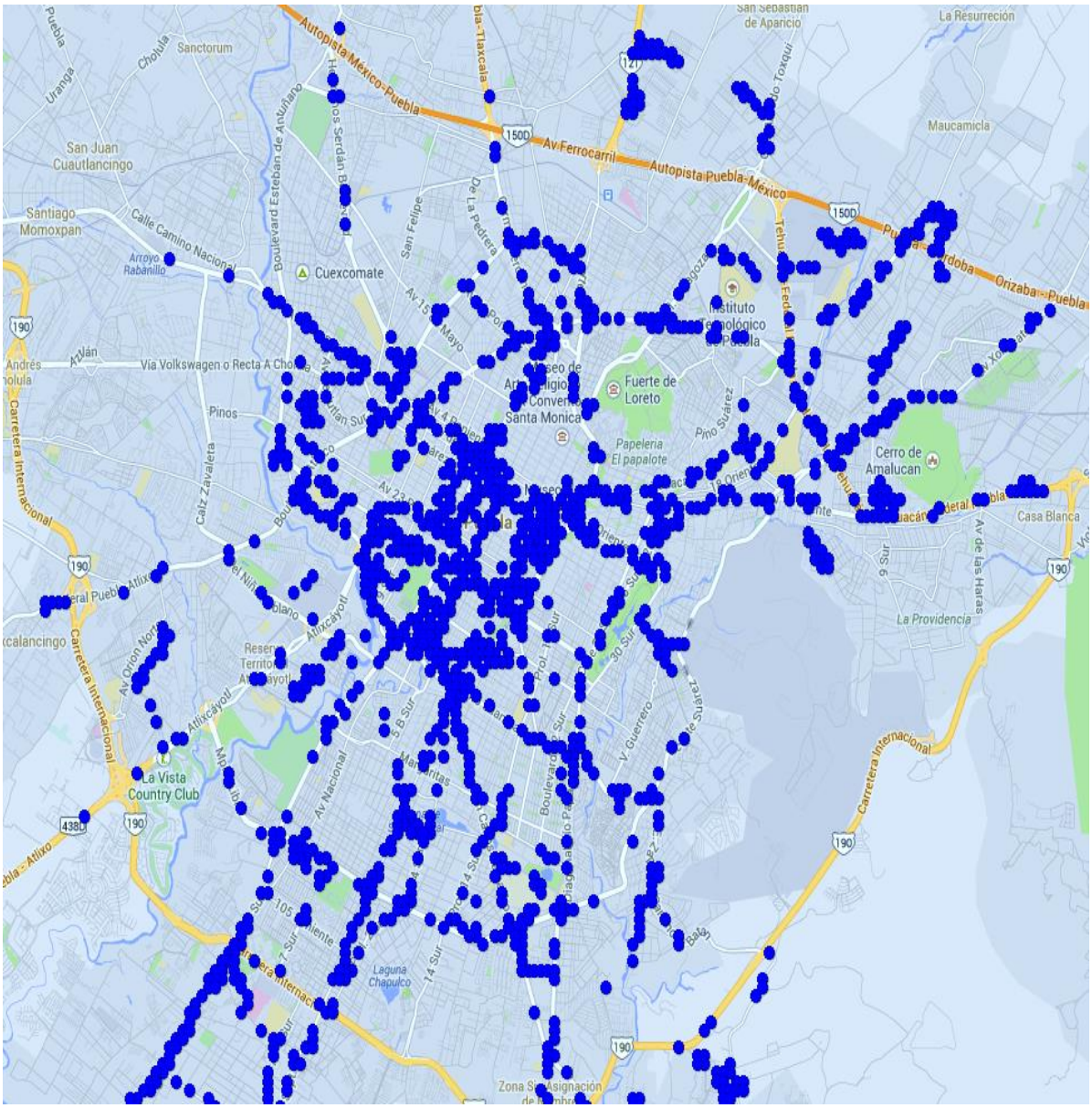


Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En lo relativo a los puntos de la ciudad con velocidades de circulación entre 1 - 20 km/h puede observarse, en la figura 6.75, que al igual como ocurre para los tiempos muertos, estos se encuentran dispersos a lo largo de la ciudad, aunque una mayor concentración de ellos se localiza

en la zona centro. Es conveniente mencionar que las velocidades dentro del rango 1 - 20 km/h se localizan en puntos muy cercanos al centro de la ciudad y en avenidas que conducen al sur.

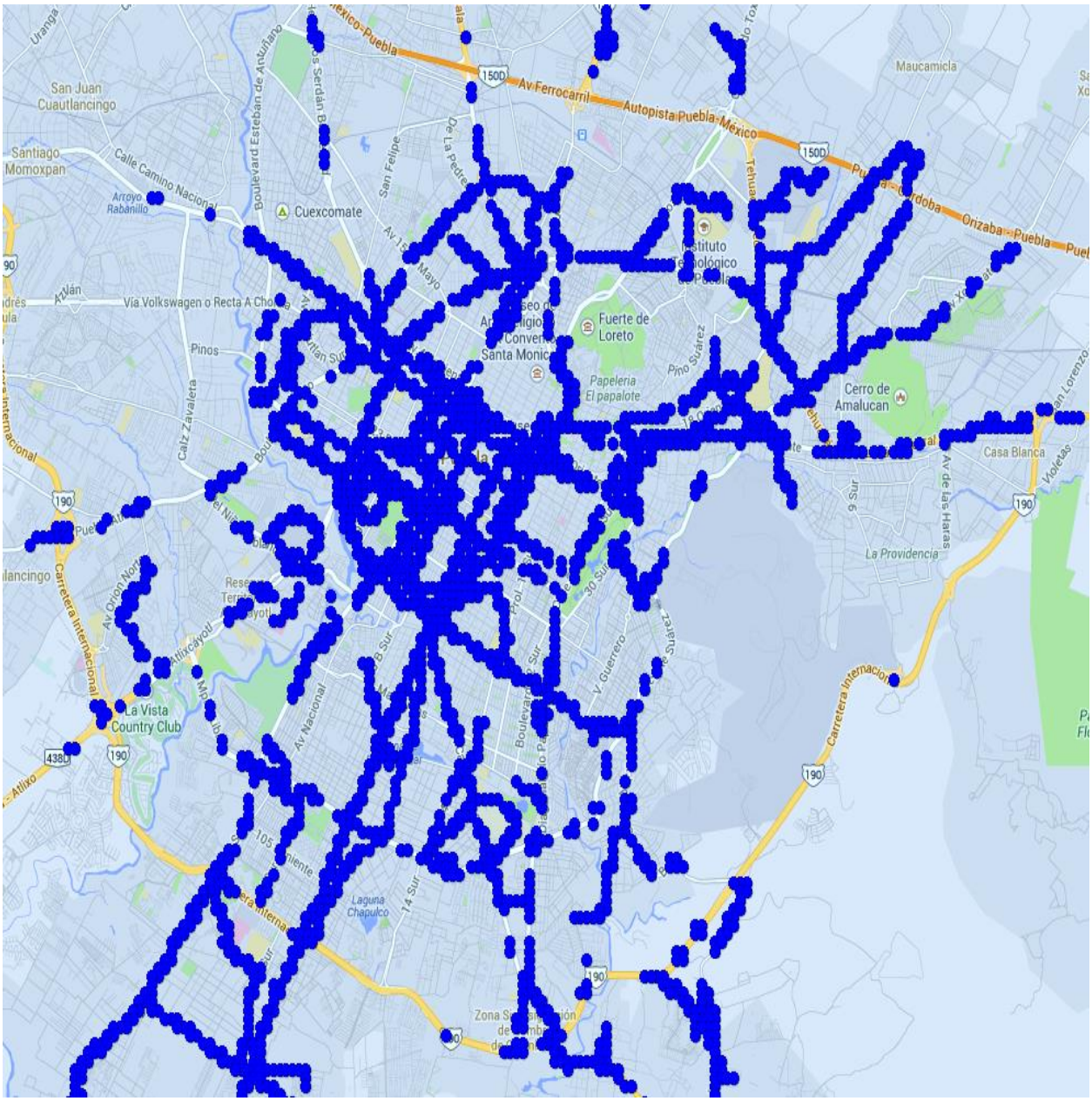
Figura 6.75 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación entre 1 y 20 km/h.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En la figura 6.76 se observa que, aunque los puntos con velocidades entre 21-40 km/h presentan un patrón muy similar al reportado para las velocidades entre 1-20 km/h, estos cubren de manera más uniforme y continua una importante cantidad de vialidades del municipio de Puebla. Lo anterior, combinado con los resultados reportados con la figura 6.73, nos indica que después de los tiempos muertos, las velocidades entre 21-40 km/h son las más predominantes en el municipio.

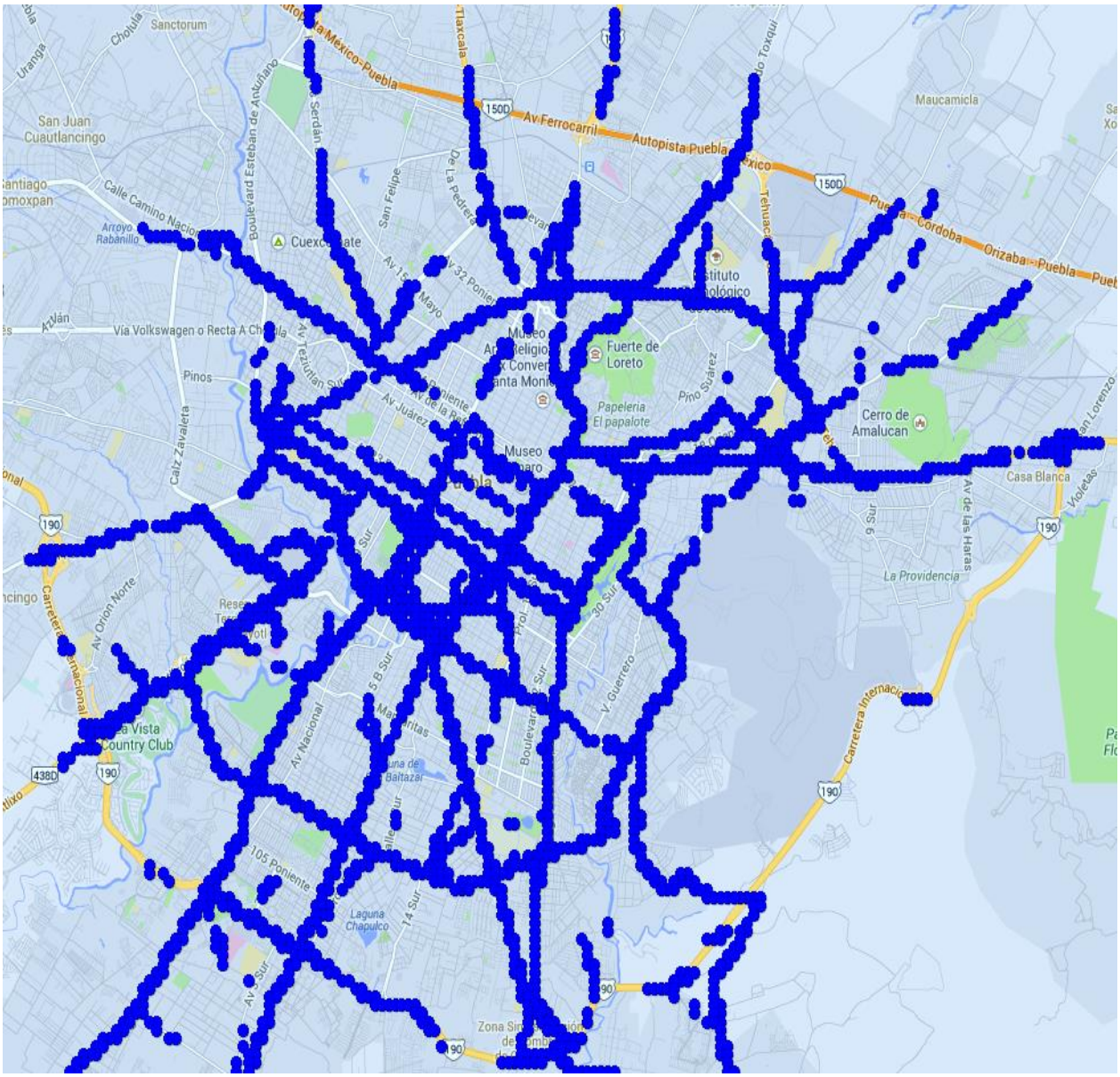
Figura 6.76 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación entre 21 y 40 km/h.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Tomando en cuenta los resultados reportados en la figura 6.77, se muestran los puntos en el municipio de Puebla donde los vehículos circulan a velocidades dentro del rango de 41-60 km/h, puede afirmarse que las vialidades primarias del municipio (incluidas gran parte de las 15 vialidades consideradas para el estudio del aforo vehicular) son las que reportan dichos valores de velocidad. Es importante notar que la continuidad de puntos, bien definida para la mayoría de dichas vialidades, nos indica que velocidades entre 41-60 km/h son el rango de velocidades características.

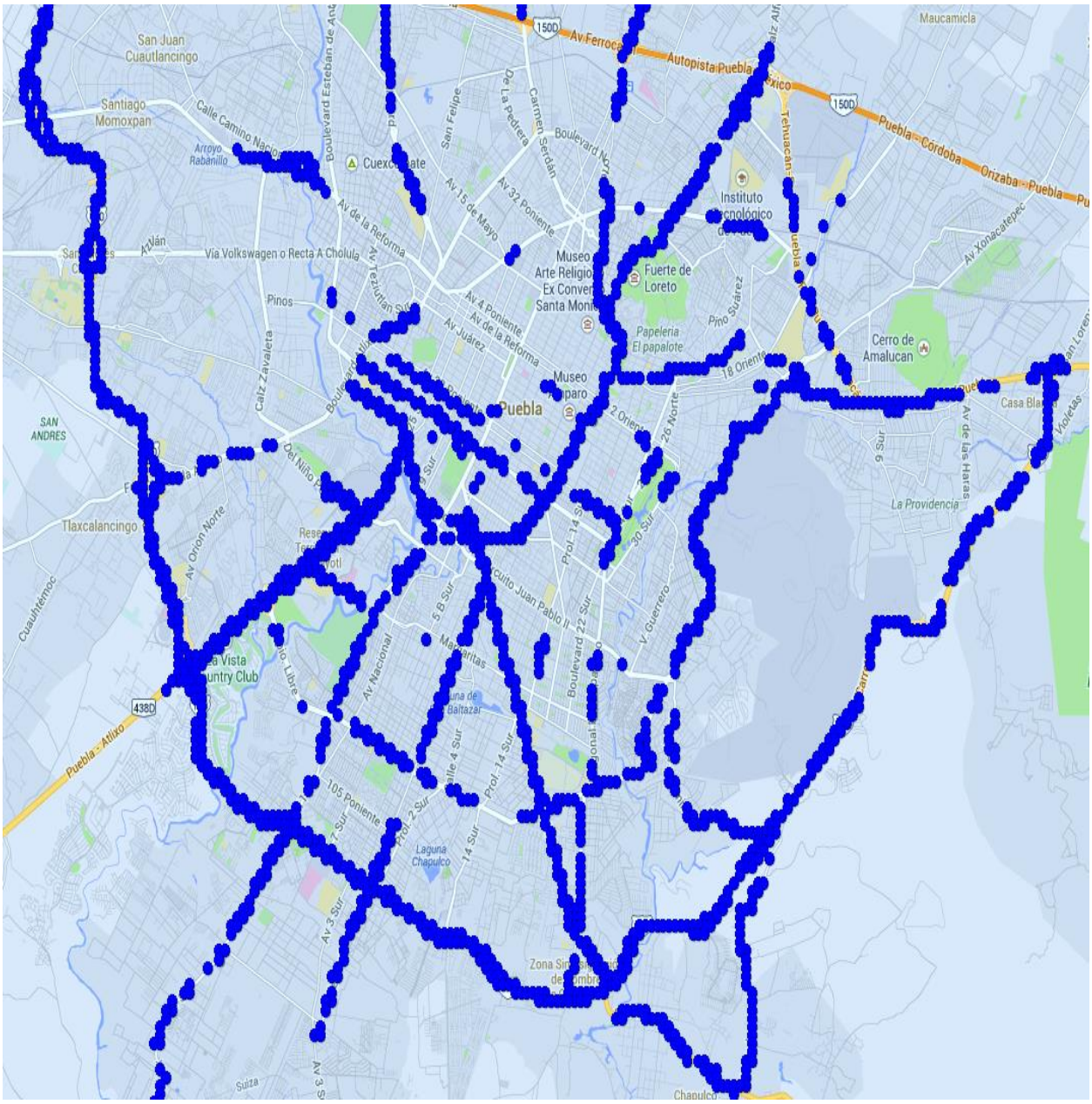
Figura 6.77 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación entre 41 y 60 km/h.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

En la figura 6.78, la cual muestra los puntos de la ciudad en los que se reportaron velocidades de circulación dentro del rango de 61-80 km/h, la principal observación es que dichas velocidades se presentaron primordialmente en los bulevares y avenidas de mayor tamaño, esto es en el Periférico Ecológico, la Calzada Zaragoza, el Boulevard. 5 de Mayo, el Boulevard. Valsequillo, la Vía Atlixcáyotl y la Av. 11 Norte-Sur por citar algunas de las más relevantes.

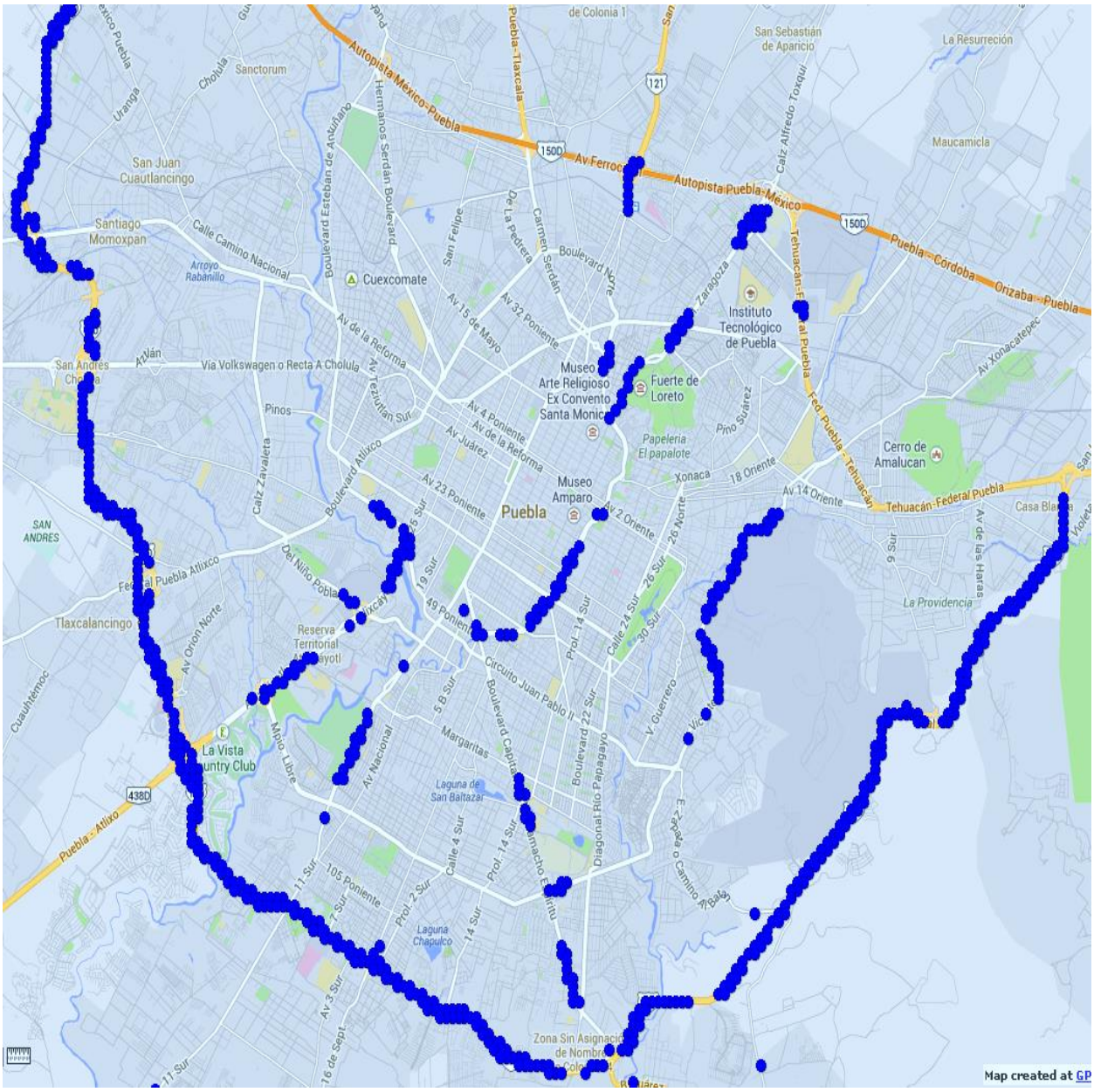
Figura 6.78 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación entre 61 y 80 km/h.*



Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Finalmente, en lo que respecta a los puntos de la ciudad donde la velocidad de circulación se encuentra dentro del rango de 81-100 km/h (figura 6.79), el resultado reportado más importante es el hecho de que el Periférico Ecológico es la única vialidad, del municipio de Puebla, en la que se puede circular de manera constante e ininterrumpida a una velocidad mayor a 80 km/h.

Figura 6.79 *Mapa del municipio de Puebla mostrando los puntos con una velocidad de circulación entre 81 y 100 km/h.*



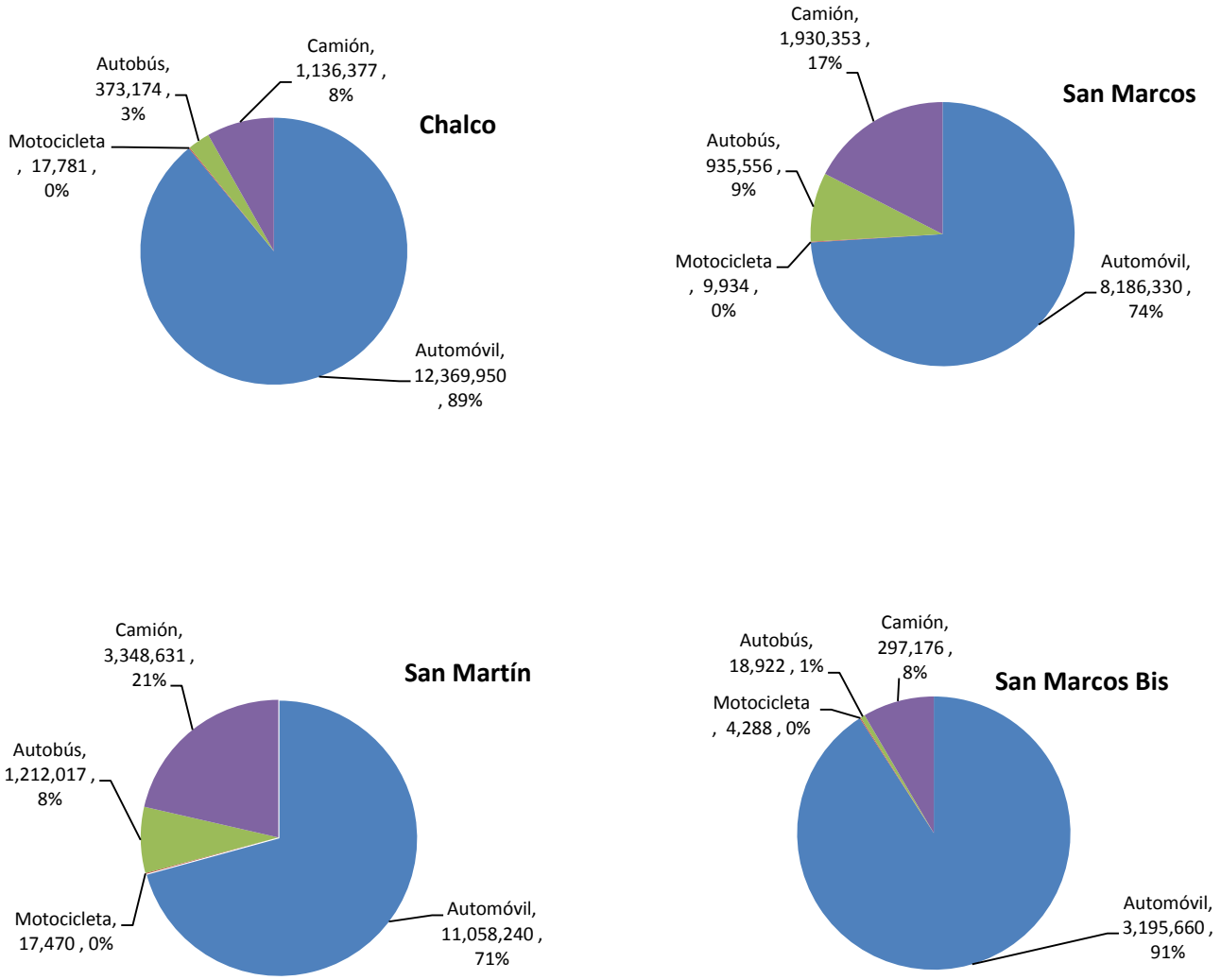
Fuente: *Archivos KML – CEEA, entorno en plataforma google - MapTypeId.ROADmap.*

Aforo en la autopista México-Puebla

Como parte del estudio, adicionalmente se llevó a cabo el análisis del aforo en la autopista México-Puebla, para lo cual se solicitó a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte Federal la información correspondiente a los años 2012 y 2013.

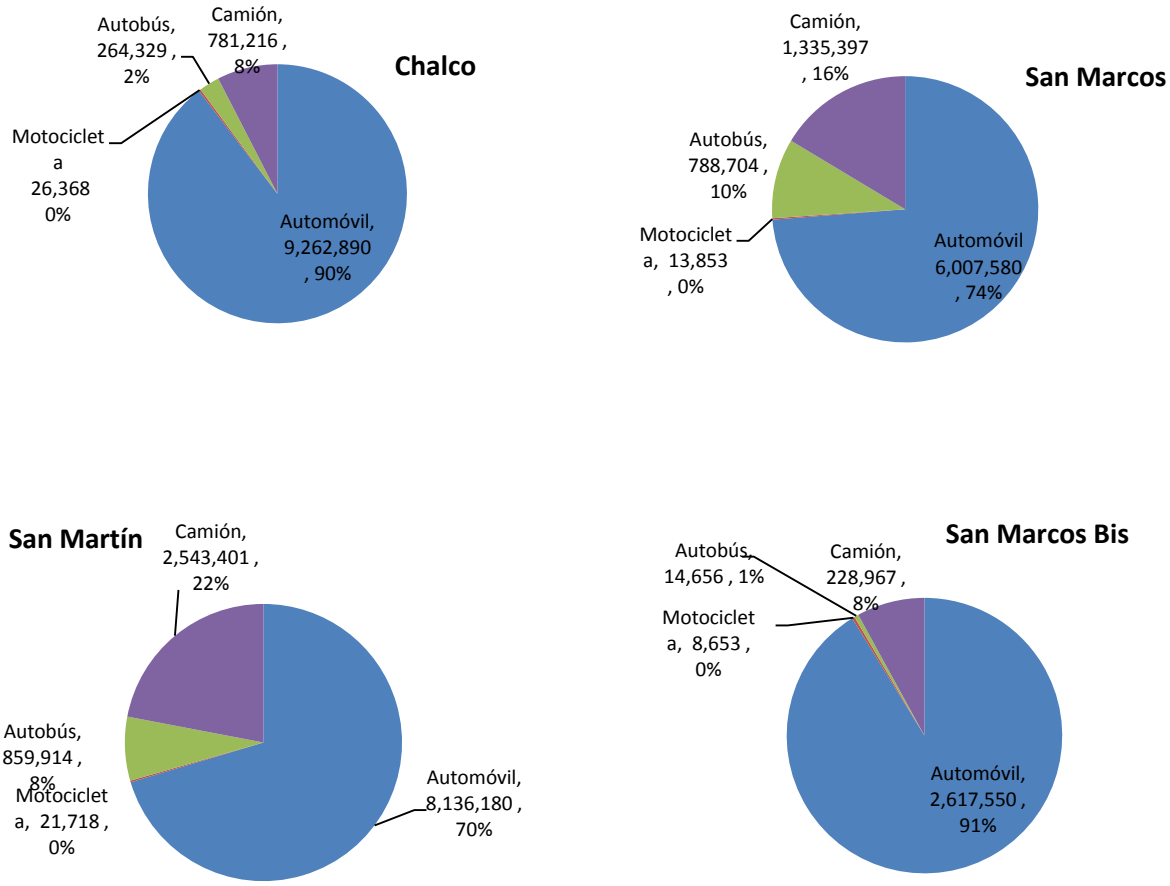
En la figura 6.80 y la figura 6.81 se muestra el aforo anual para 2012 y 2013 en las cuatro casetas de la autopista México-Puebla para nuestro estudio. Dicho aforo se encuentra desglosado en 4 categorías: automóvil, autobús, camión y motocicletas. Mientras que la categoría automóvil incluye camionetas y pick ups, la categoría camión incluye camiones de dos a nueve ejes. Cabe hacer notar que para el año 2013 sólo se cuenta con información de enero a septiembre.

Figura 6.80 *Aforo anual ambas direcciones en las diferentes casetas de la autopista México-Puebla para el año 2012.*



Fuente: *Datos obtenidos Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

Figura 6.81 *Aforo anual ambas direcciones en las diferentes casetas de la autopista México-Puebla para el año 2013 (de Enero a Septiembre).*

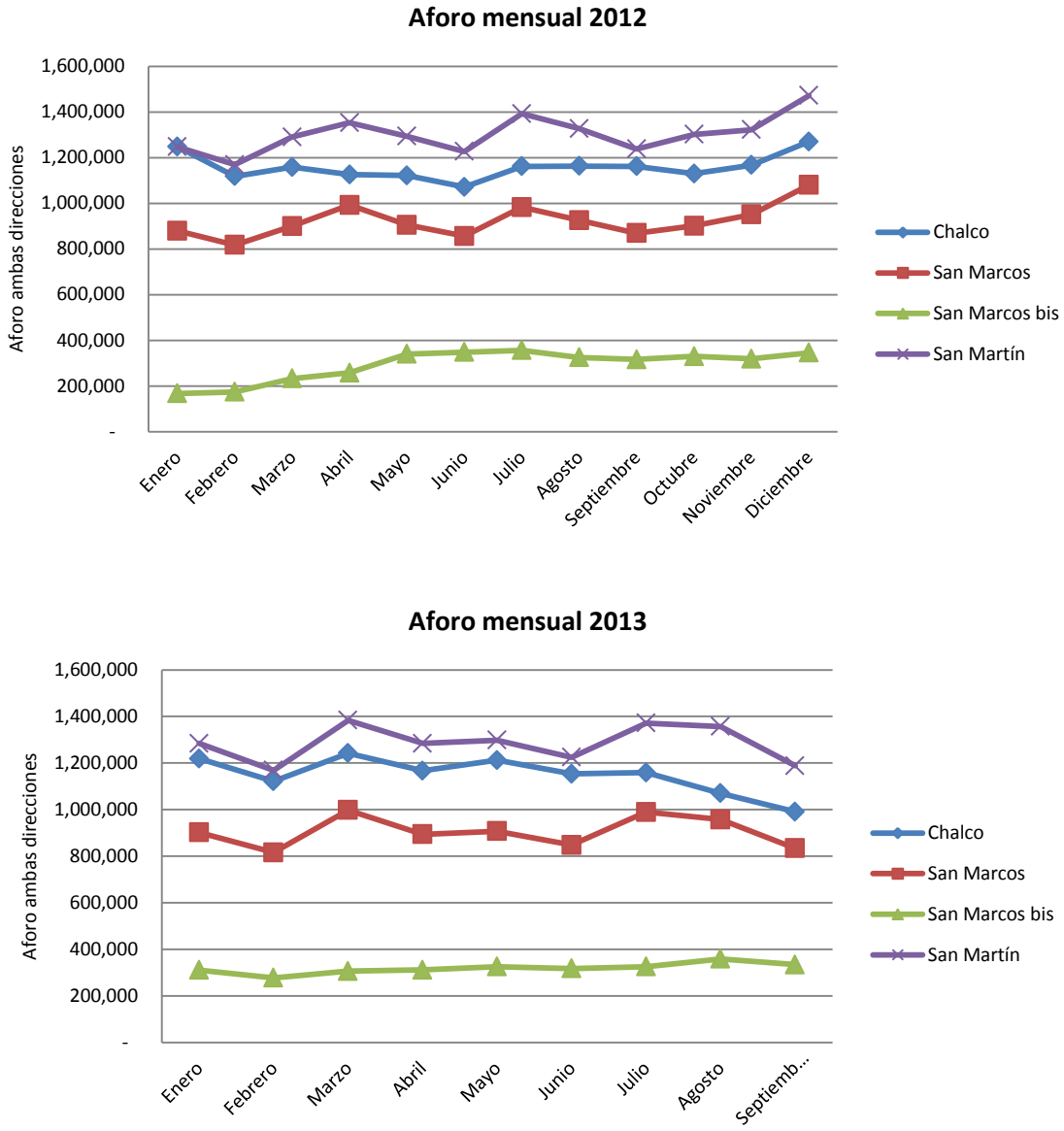


Fuente: *Datos obtenidos Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

La principal observación derivada de las Figuras 6.80 y 6.81 es el hecho de que por la autopista México-Puebla circulan una gran cantidad de vehículos, los cuales, sin duda alguna, influyen de manera importante en la cantidad de emisiones de gases contaminantes generadas en el municipio.

Para el año 2012, el total de vehículos que cruzaron la caseta de San Martín Texmelucan fue de 15.6 millones, mientras que para el periodo Enero-Septiembre de 2013 fue de 11.5 millones. De estos números totales de vehículos, tenemos que, aunque en su mayoría son automóviles ligeros, alrededor del 21-22% son camiones. Es importante resaltar que, dadas sus características de peso bruto vehicular, tipo de combustible y edad de los vehículos, las emisiones asociadas a los camiones son significativamente mayores a las de los automóviles ligeros.

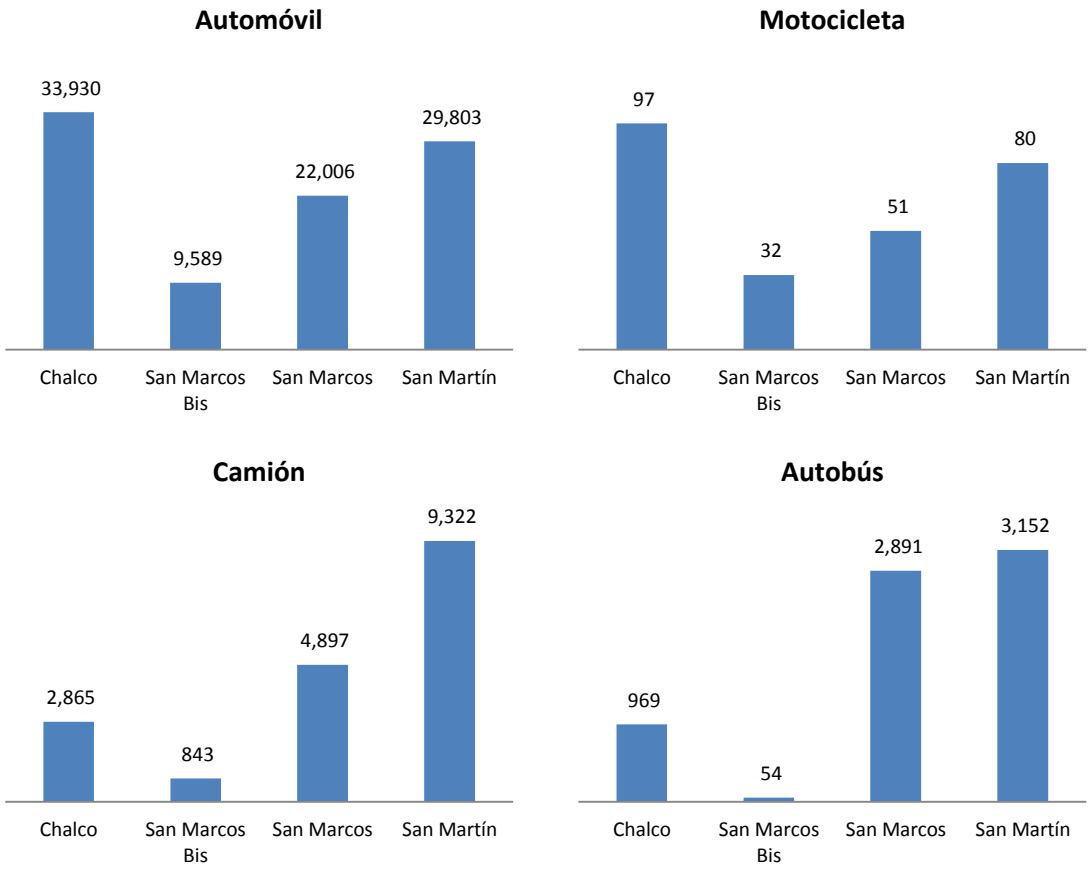
Figura 6.82 *Aforo mensual en ambas direcciones en las diferentes casetas de la autopista México-Puebla para el año 2012 y 2013.*



Fuente: *Datos obtenidos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

En lo que respecta a la cantidad de vehículos que circulan mensualmente por la autopista México-Puebla, en la figura 6.82 se muestran los aforos correspondientes para 2012 y 2013. El principal aspecto a resaltar es que en los periodos de semana santa, verano y fin de año, el aforo se incrementa mientras que en el resto del año, se mantiene un aforo mensual constante en las cuatro casetas. De manera particular, para el caso de la caseta de San Martín el aforo promedio mensual, considerando ambos años, es aproximadamente de 1.3 millones de vehículos.

Figura 6.83 *Aforo diario en ambas direcciones en las diferentes casetas de la autopista México-Puebla para el periodo Enero-Septiembre 2013.*



Fuente: *Datos obtenidos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

Finalmente, en lo que respecta al aforo diario de vehículos en la autopista México-Puebla, que es mostrado para el periodo Enero-Septiembre 2013 en la figura 6.83, tenemos que aproximadamente 42 mil unidades atraviesan diariamente la caseta de San Martín Texmelucan. Dicho aforo coloca a la autopista como una de las seis vialidades con mayor aforo del municipio.

Conclusiones

En lo que respecta al aforo vehicular, es importante mencionar que el municipio de Puebla presenta un flujo vehicular significativo, pues el promedio diario de vehículos que circulan (considerando ambas direcciones), para las 15 vialidades evaluadas en el estudio es alrededor de "50 mil vehículos por vialidad al día".

Dado que tan sólo en estas 15 vialidades el aforo total diario es alrededor de 700 mil vehículos, el análisis detallado del transporte en el municipio adquiere una mayor relevancia.

Uno de los principales resultados del estudio del aforo vehicular, identifica que la Vía Atlixcáyotl es la vialidad en la parte que corresponde al municipio de Puebla, con mayor circulación de vehículos, ya que presenta un aforo 1.7 veces mayor que el aforo reportado para el Periférico Ecológico y dos veces mayor que para el Boulevard. 5 de Mayo.

En lo relativo a la velocidad vehicular, el municipio presenta importantes problemas de circulación, pues el porcentaje de tiempos muertos (definido como tiempos en que los vehículos se encuentran completamente detenidos), es del 26%. Esto quiere decir, por ejemplo, que si un determinado traslado nos tomó alrededor de 30 minutos, estuvimos en alto total (ya sea por semáforos, topes, dobles filas, tráfico o por otra causa no determinada), 7.8 minutos.

De acuerdo con estos resultados, para el municipio de Puebla es de crucial importancia el establecimiento de programas efectivos para agilizar el tráfico vehicular. También es de mencionar que la agilización del tráfico vehicular, representará un ahorro en el consumo energético (gasolina y diésel), así como una reducción en el impacto ambiental y, en consecuencia beneficios para la salud de la población en general.

También es importante resaltar que, de acuerdo al estudio de velocidad, si algún habitante del municipio necesitara trasladarse de un lado a otro de la ciudad, no lo podría hacer de una manera rápida y eficiente, puesto que únicamente el Periférico Ecológico es la vialidad donde los vehículos pueden circular de manera continua con una velocidad mayor a los 80 km/h.

7

Dispersión de emisiones a la atmósfera en el municipio de Puebla

7. Dispersión de emisiones a la atmósfera en el municipio de Puebla

En materia de calidad del aire es indispensable conocer el comportamiento espacio temporal de los contaminantes atmosféricos. Dicho comportamiento está condicionado por las características físico químicas de los contaminantes, como es el peso molecular, la densidad y su capacidad de reacción, entre otras. Adicionalmente su evolución depende de las condiciones meteorológicas y geográficas locales.

A manera de ilustración se presenta en la figura 7.1 una panorámica de la ciudad de Puebla, donde puede apreciarse la presencia de una capa de contaminantes atmosféricos. La acumulación de contaminantes tiene mayor importancia en los meses invernales debido al fenómeno denominado inversión térmica.

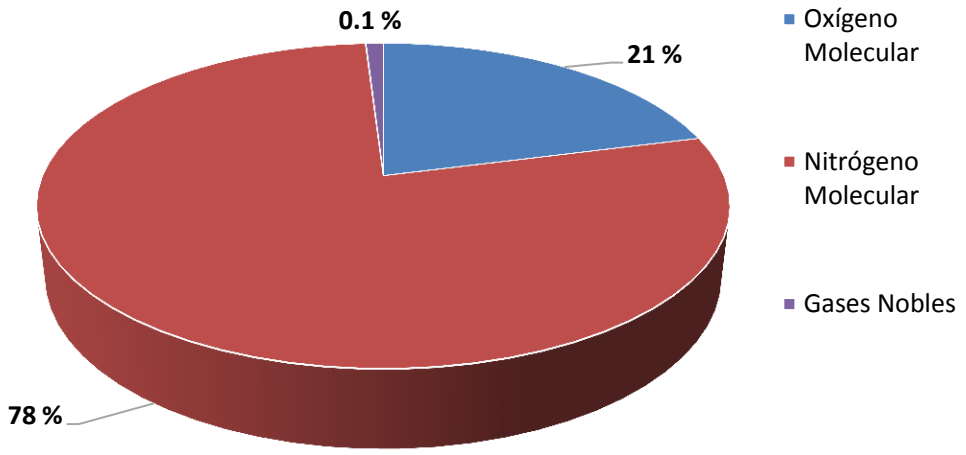
Figura 7.1 *Foto de la acumulación de contaminantes en la ciudad de Puebla.*

Fuente: *Foto propia CEEA.*

Una manera de conocer el grado de dispersión atmosférica de los contaminantes, es a través de la modelación. Con la modelación se correlacionan las variables antes mencionadas, identificando la dinámica de la contaminación atmosférica. De esta forma, se puede conocer su grado de exposición espacial y temporal.

Es importante señalar que la emisión, mezcla y reacción de los contaminantes se da en la parte baja de la atmósfera, para ser precisos, en la troposfera. En este sentido es importante saber que el aire es una mezcla de gases (ver figura 7.2) que mantiene un equilibrio y da sustento a los diversos ecosistemas. No obstante, esta composición ha sido modificada debido a la acumulación de elementos ajenos a su composición original. Esto es lo que se conoce como contaminación atmosférica, generada por causas naturales y antropogénicas.

Figura 7.2 *Composición aproximada del aire en porcentaje de volumen.*



Estudios de dispersión

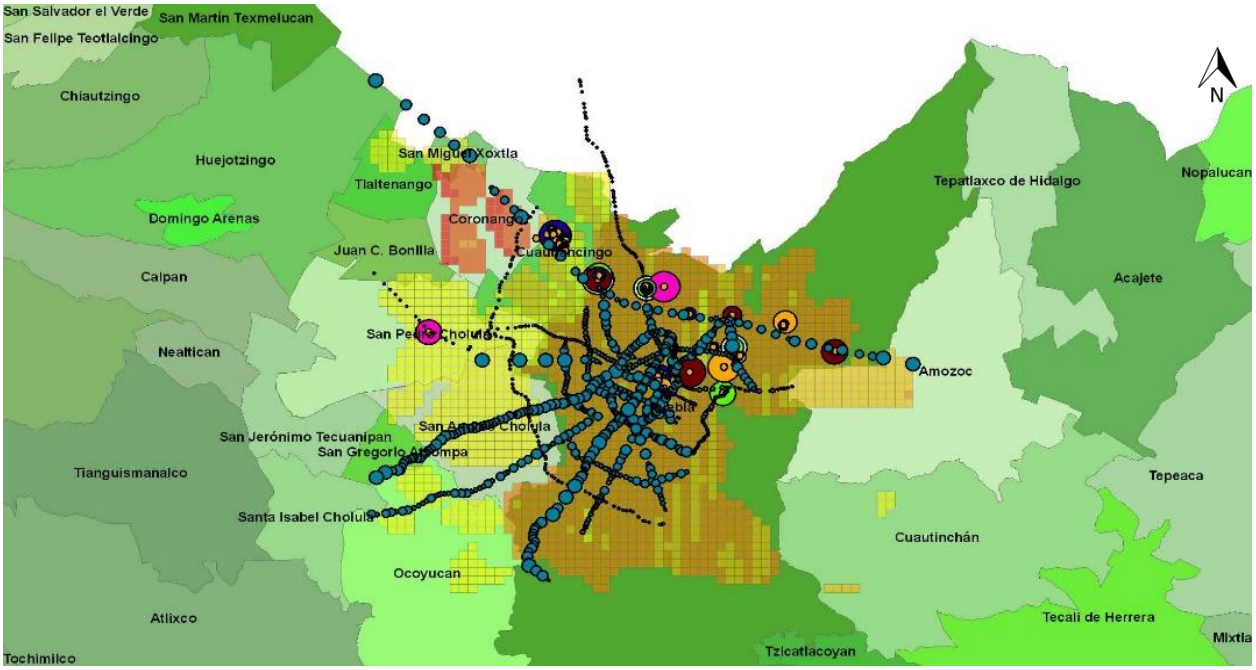
Para conocer el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera, es necesario identificar y analizar los forzadores que intervienen dentro del campo atmosférico. Para ello debemos establecer el alcance del estudio. Este se puede realizar a nivel micro escala, escala media, escala local, escala urbana, escala regional, escala nacional y global; según sea el objetivo.

La acumulación de contaminantes en la atmósfera está íntimamente ligada a la difusión de gases, compuestos orgánicos volátiles y/o partículas en un medio entrópico, que es el flujo de energía o materia desde una zona de mayor presión o temperatura a otra de menor presión o temperatura, lo que se conoce como gradiente, en estratos que abarcan desde lo inestable a lo estable y viceversa.

Físicamente, la dispersión atmosférica es el fenómeno de mezclar, combinar, adsorber, diluir o disolver dos o más elementos en la atmósfera. Químicamente es la absorción de un material gaseoso o sólido (partículas) en otro medio, bajo reacciones químicas y de termodinámica. Los contaminantes son depositados en la atmósfera por diversas acciones de expulsión desde un origen (puntual o fijo, móvil, de área o superficie, lineal o combinado).

A continuación se muestra en la figura 7.3, la representación gráfica de la dispersión en la ciudad de Puebla para el contaminante dióxido de azufre SO_2, correspondiente al estudio realizado por la Agencia Internacional del Japón en 2010. También se visualiza cómo las emisiones generadas por los vehículos automotores trazan líneas sobre las vialidades. De la misma forma se muestra cómo las emisiones de la industria tienen un comportamiento a través de conos de dispersión. Las fuentes de área se perciben a través de una malla que tiene una coloración determinada según las concentraciones. Todo lo anterior, se mezcla y se dispersa según los forzantes antrópicos del contaminante, las condiciones meteorológicas y topográficas del lugar.

Figura 7.3 *Emisión de contaminantes en la ciudad de Puebla.*



Fuente: *Japan International Cooperation Agency-2010.*

Es importante considerar que la gran cantidad de variables y parámetros que intervienen en la dispersión, hacen de ella un sistema complejo, por lo cual en el estudio de la dispersión atmosférica se deben contar con metodologías acordes a ello. Existen diversos modelos o metodologías que en su mayoría establecen las etapas mencionadas a continuación (tabla 7.1).

Tabla 7.1 *Elementos de la dispersión atmosférica.*

Elemento	Descripción	Alcances
1. Fuente	Las características de emisión que están en función del tipo de expulsión, parámetros a considerar: Localización, cantidad y tipo de contaminante.	Factores de emisión, Concentración y volumen emitido.
2. Vector	Dinámica que está en función de las características meteorológicas y geográficas, en las que inciden las variables meteorológicas y geográficas.	Estados de agregación, dilución, fusión, sublimación, solidificación, condensación, otros.
3.Receptor	Elemento, sistema o cuerpo que recibe los efectos directos o indirectos a consecuencia del mecanismo (fuente - vector) en función de espacio, tiempo, grado de sensibilidad y episodios.	Efectos, causas y orígenes.

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Es necesario señalar que el viento es el movimiento del aire debido a la presión ejercida sobre él, de zonas de mayor presión hacia zonas de menor presión, para compensar el diferencial entre ambas. La trayectoria del viento nunca será rectilínea, debido, entre otras causas al efecto Coriolis. Así como esta variable, existen otras que influyen durante un fenómeno de dispersión y se presentan en la tabla 7.2.

Tabla 7.2 *Variables que intervienen en la dispersión atmosférica.*

Variable	Descripción
Estabilidad atmosférica	Es la capacidad que tiene la atmósfera de aumentar o suprimir los movimientos convectivos del aire. Así como un indicador del medio atmosférico, que nos permite identificar si es, turbulento, laminado, estratificado, estático o de inversión. Se representa con líneas adiabáticas en 6 tipos.
Altura de la capa de mezclado	Es la distancia vertical entre la superficie y el estrato en que se realiza el tope o límite de ascensión del contaminante, que es donde permanece la mayor parte de su existencia, efectuando reacciones y cambios físicos y químicos en combinación con otros elementos. A veces por las características meteorológicas, así como por la presencia de otros elementos, el contaminante no alcanza su límite de ascensión debido a que efectúa reacciones y cambios en su recorrido.
Longitud de mezclado	Debido a la dinámica atmosférica la ascensión de los contaminantes no se realiza totalmente en línea vertical, ya que su recorrido hacia su límite de ascensión es por lo general en forma inclinada, esta línea crea una proyección sobre la horizontal la cual es conocida como la longitud de mezclado.
Área de mezclado	Es la proyección sobre la superficie de la zona donde se realiza el mezclado, es de suma importancia al hablar de lluvia.
Reflexión	Es la característica de los contaminantes de rebotar sobre la superficie; en el programa Gaussiano se establece como de reflexión nula, parcial o total.
Advección	Es el transporte debido al movimiento microscópico de un fluido.
Difusión	Es el transporte debido a gradientes de diversas índoles, siendo lo inverso de la advección.

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Factores que inciden en la dispersión

Los vientos, son la variable principal de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, de ello depende prácticamente su distribución y niveles de concentración. En la ciudad de Puebla inciden diversos tipos de vientos, los cuales podemos enunciar en vientos geostróficos, superficiales y locales. Los primeros son debido a la circulación terrestre y se presentan a altitudes mayores a 60 metros sobre la superficie, los segundos están en función del gradiente térmico ocasionado por el calentamiento desigual de la superficie y, los terceros por condiciones morfológicas, vegetación e infraestructura existentes.

Las concentraciones de contaminantes en el aire, están condicionadas por dos aspectos. El primero debido a la práctica humana de emisiones por horario o periodo y las variables climatológicas prevalecientes. El segundo, por la estacionalidad. Por ejemplo, respecto a los vehículos, hay horarios en los que existe un mayor aforo.

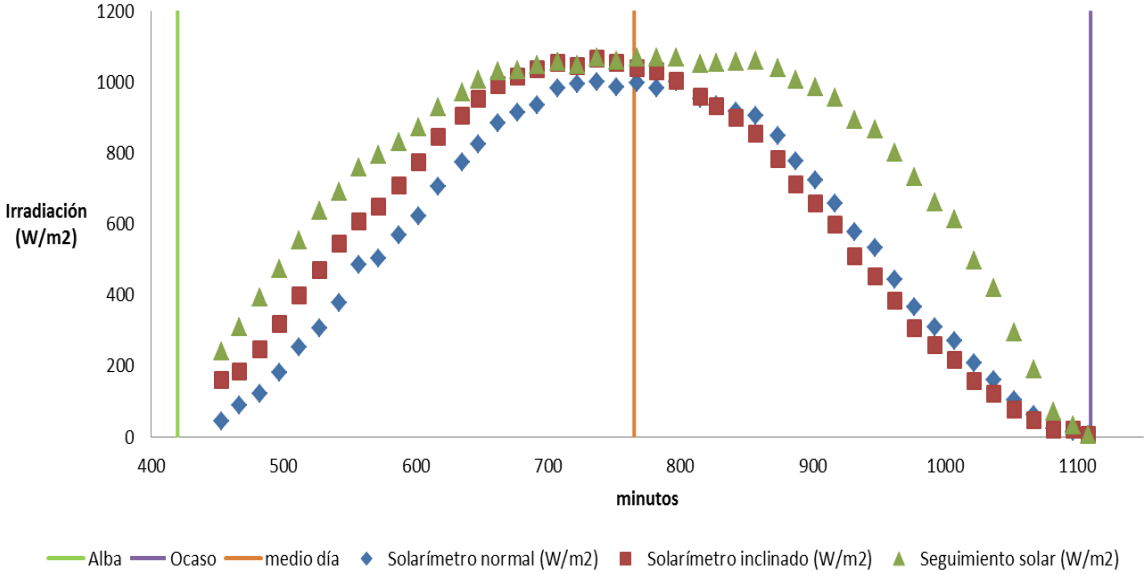
La dinámica de los vientos es la búsqueda siempre permanente del equilibrio de gradientes. Aquí podemos señalar a la presión y a la temperatura; la primera por la fuerza de gravedad y altitud, a la que se le denomina presión atmosférica. Esta se expresa en columnas de mercurio de un centímetro cuadrado de área a 760 milímetros de elevación, a nivel del mar y a 20° centígrados de temperatura. En cuanto a la temperatura, generalmente ésta disminuye 1° C por cada 100 metros de altura, a lo que se le denomina gradiente térmico.

Otra variable importante en la dispersión de los contaminantes es la radiación solar, también conocida como energía radiante, que llega en diversas frecuencias a nuestra superficie según la latitud en que nos encontremos. No es lo mismo la energía radiante en el ecuador terrestre que en los polos, sobre todo en aquellas regiones que se encuentran entre la franja de los trópicos. Es importante también señalar que la nubosidad juega un papel importante. Un ejemplo de la influencia de la radiación, es la formación del ozono cuando ésta reacciona con el bióxido de nitrógeno. A continuación, se presentan datos de los niveles de radiación total en la ciudad de Puebla el 14 de febrero 2014 (ver figura 7.4).

La radiación que se recibe a las latitudes de 19°N y altitudes 2100 msnm, como a las que está la ciudad de Puebla, es mayor con respecto a las de otras regiones, lo que sin duda incide en la dinámica de la atmósfera y la reactividad de los contaminantes.

En la figura 7.4 se presentan las mediciones de radiación solar total realizadas en el Centro de Estudios en Energía y Ambiente de la BUAP en Ciudad Universitaria, Puebla. Aquí se pueden observar los valores alcanzados (hasta 1,000 watts por metro cuadrado a medio día). Estos niveles de radiación son ideales para su aprovechamiento en la generación de energía. Sin embargo también inciden en la reactividad atmosférica, por ejemplo la producción de ozono.

Figura 7.4 *Perfil diario de la irradiación total en la ciudad de Puebla.*

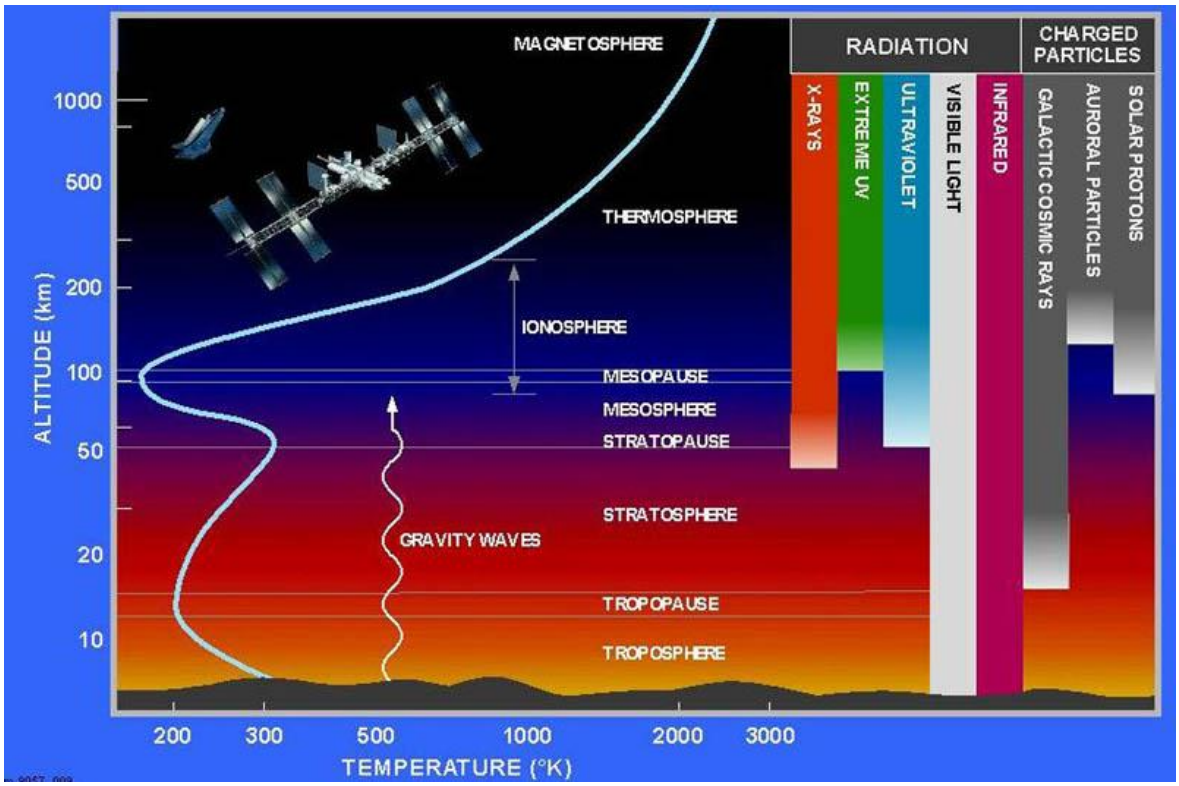


Fuente: *Elaboración propia CEEA, datos tomados en Ciudad Universitaria – BUAP, febrero 2014.*

La intensidad de energía disponible en la superficie terrestre, es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. La absorción natural de la radiación solar se produce en la atmósfera, los océanos y en las plantas de la superficie terrestre.

En la gráfica de la figura 7.5 se presenta la penetración y el alcance de la radiación proveniente del Sol, observándose que varias frecuencias de energía son retenidas en las capas superiores de la atmósfera. No obstante, la radiación visible y la infrarroja logran llegar hasta la superficie terrestre.

Figura 7.5 *Penetración de la radiación solar.*

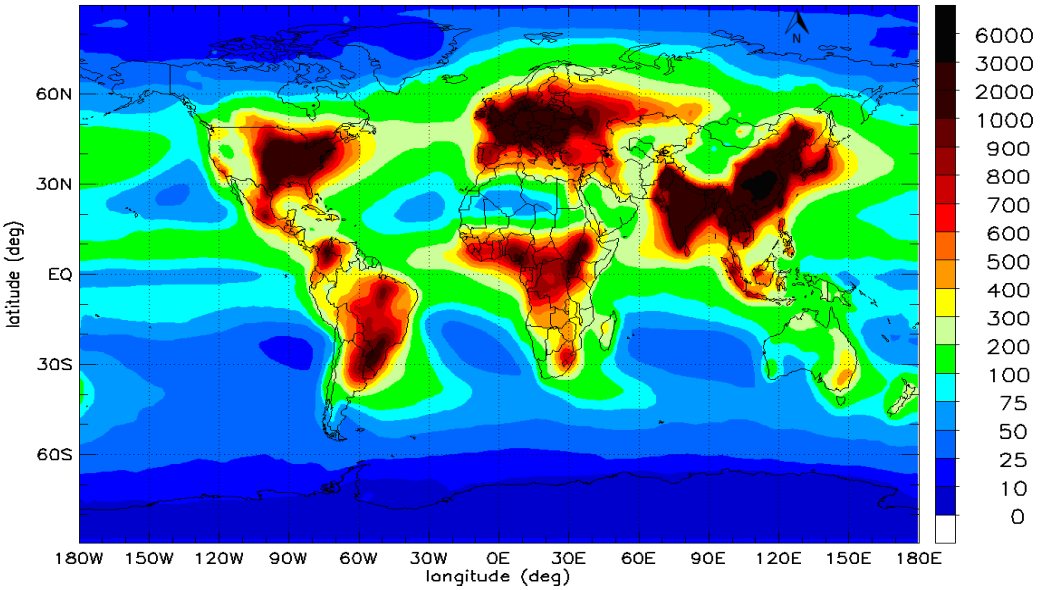


Fuente*: National Solar Radiation Database. US Department Energy 2010.*

Transporte de los contaminantes en la atmósfera

Haciendo una breve síntesis de los temas anteriormente tratados, se demuestra que el transporte de los contaminantes depende de varios factores, ajustándose ante todo a la gran dinámica que se presenta en la atmósfera, lo que produce la dispersión de los contaminantes por todas partes del globo terráqueo, lo que hace de esto no solo un problema local sino un reto global (figura 7.6).

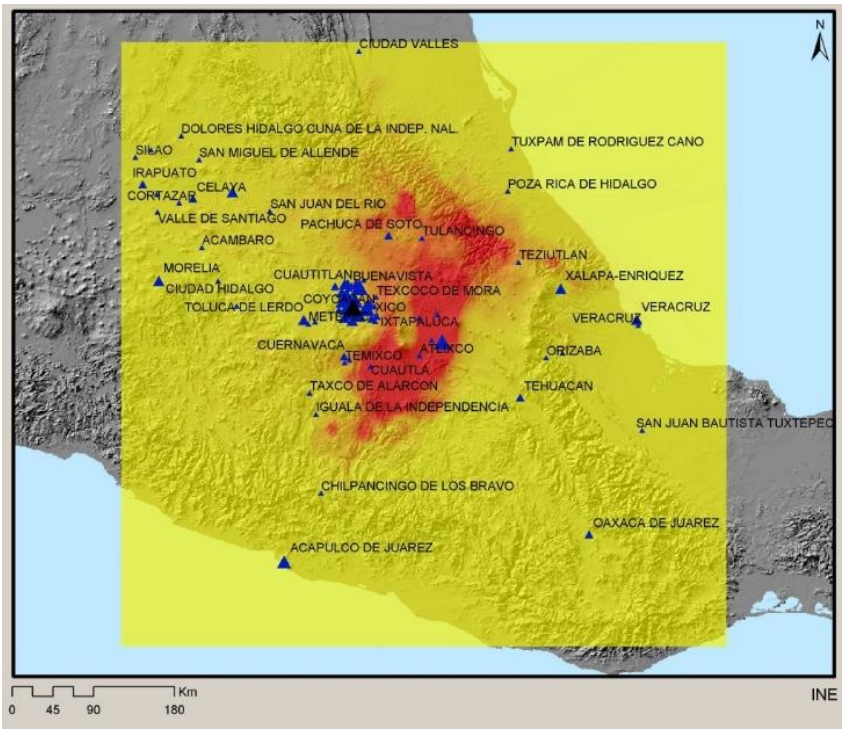
Figura 7.6 *Emisiones y deposición de nitrógeno reactivo.*



Fuente: *Institute for Environment and Sustainability.*

Por otra parte, estudios realizados en México por diversas instituciones académicas y gubernamentales como la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología, han utilizado metodologías para evaluar la dispersión. En este sentido se presenta en calidad de ejercicio metodológico la siguiente imagen bajo el concepto de "*cuenca atmosférica*" que describe el área de influencia de la región donde se asienta la ciudad de Puebla (figura 7.7).

Figura 7.7 *Cuenca atmosférica (en rojo) donde se ubica el valle de Puebla.*



Fuente: *Instituto Nacional de Ecología y UNAM 2011.*

Derivado de lo anterior, podemos mencionar que existen muchos factores que intervienen en el transporte y deposición de los contaminantes. En este sentido, en la tabla 7.3 se describen de manera resumida, algunos de estos parámetros.

Tabla 7.3 *Parámetros que influyen en el transporte de los contaminantes a la atmósfera.*

Parámetro	Descripción
Características meteorológicas de la zona	La meteorología es el parámetro más importante en lo que se refiere al transporte de los contaminantes, sus variables tienen una afectación significativa sobre ésta.
Características topográficas y geográficas del lugar	Éste parámetro es muy importante en el comportamiento de la dirección que tomen los contaminantes, después de la variable del viento, así como de las posibilidades de estar en lugares adversos, como es el caso de la ciudad de México, que está rodeado de montañas.
Características del contaminante	Cada elemento tiene una capacidad y tiempo de reacción (principalmente la de oxidarse) así como características físicas y químicas que hacen del tipo de contaminante una variable única.
Velocidad de sedimentación del contaminante	Todos los gases y partículas como materia están bajo la influencia de la gravedad y por consiguiente de la caída hacia la superficie de la tierra o de la estratificación del mismo a cierta altura de la atmósfera, esto en función de las características de expulsión y sus características físicas.
Expulsión	Es la característica con la cual la emisión es efectuada, como son la potencia, velocidad, dirección, altura (conocido en el método de Gaussiano como la altura efectiva de los gases). Además de estar directamente relacionado con las características físicas de los contaminantes como son densidad, peso molecular y volumen. Si las PST tienen un diámetro menor de 20 micrómetros se comportan igual que los gases.
Gradiente térmico	Es la variación de temperatura respecto a la altura, esta se realiza en la troposfera que es la zona que más nos interesa en cuestión de la contaminación y disminuye en -1º por cada 100 m. de ascensión.
Inversión Térmica	Aumento de la temperatura con la altitud en una capa de la atmósfera. Las inversiones térmicas actúan como tapaderas que frenan los movimientos ascendentes del aire en la atmósfera. En efecto, el aire no puede elevarse en una zona de inversión, puesto que es más frío en la zona inferior y por tanto más denso.
Radiación	Es la transmisión de energía, generalmente en rayos ultra violeta, infrarrojo, luz visible y ondas de radio, las cuales produce reacciones fotoquímicas que afectan el comportamiento de los contaminantes, además de alterar el gradiente térmico.
Turbulencia, rugosidad	Alteración del flujo del aire debido a cambios de dirección bruscos. En las ciudades a causa de construcciones (> de 15 m. de altura).
Reacciones termodinámica, químicas y físicas	Al estar en contacto un elemento con otro(s), durante un tiempo determinado, se van estableciendo reacciones y cadenas de diversos tipos, los cuales dan pie a la formación de nuevos elementos.

Fuente: *Instituto Nacional de Ecología y UNAM 2011.*

La estabilidad atmosférica es fundamental en materia de dispersión, que está en función de la temperatura, y recibe el nombre de gradiente adiabático vertical de temperatura. Éste gradiente tiene una relación directa con la velocidad del viento e igualmente con el comportamiento de las plumas de dispersión.

7.1 Modelación

Los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera son una herramienta importante en el estudio de la calidad del aire. Proporcionan información valiosa sobre la concentración, transformación y dispersión de compuestos gaseosos o partículas originados por diferentes fuentes localizadas en un área.

Modelos de dispersión atmosférica

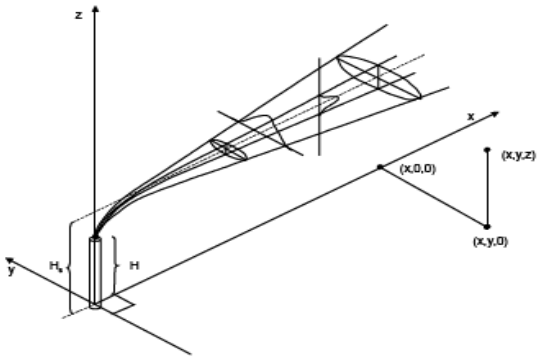
Existen en forma general dos modelos para la determinación de la dispersión atmosférica. Los modelos físicos (basados en experimentos) y los modelos matemáticos (numéricos y analíticos). De estos últimos, los analíticos tienen como único objetivo el cálculo de las emisiones a la atmósfera. Los numéricos se dividen en estadísticos y determinísticos. Los estadísticos sirven para análisis de diagnóstico (bases de datos), y los determinísticos para la descripción de pronósticos. Los modelos de dispersión se fundamentan en el balance de masa, que es el diferencial entre lo que entra y sale.

La selección de métodos de análisis depende de los alcances del estudio y de la disponibilidad de datos. Para el caso del estudio de la dispersión atmosférica en el municipio de Puebla, en paralelo con este trabajo, se consideró el modelo de dispersión *Gaussiano*, elegido a que en primer lugar ha sido ampliamente probado y, segundo porque se tiene acceso a los datos demandados por el mismo.

Modelación Gaussiano

Una de las técnicas y métodos de dispersión más utilizados es el modelo Gaussiano, que permite conocer los niveles de concentración a una determinada distancia. Dicha modelación está influida por:

1. Velocidad del viento,
2. Altura de la chimenea,
3. Tasa de emisión,
4. Temperatura del gas,
5. Tasa de emisión,
6. Temperatura ambiente,
7. Estabilidad atmosférica.



Ecuación de Gauss

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z}{}\right.\right.\right.$$

Donde:
C= Concentración de contaminante en el punto (x,y,z).
Q= Caudal de emisión del contaminante.
σ_y σz= Desviación estándar en las direcciones "y" & "z" respectivamente.
U= Velocidad del viento.
H= Altura efectiva de la chimenea.

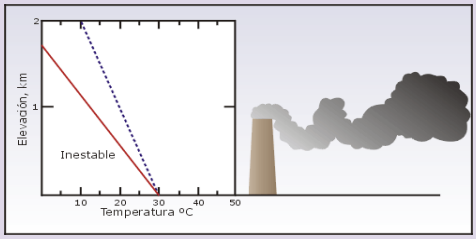
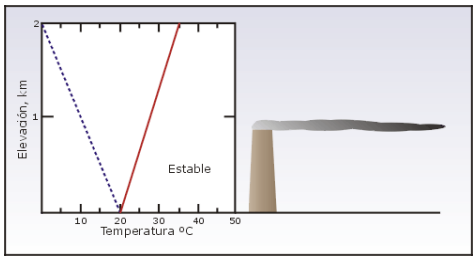
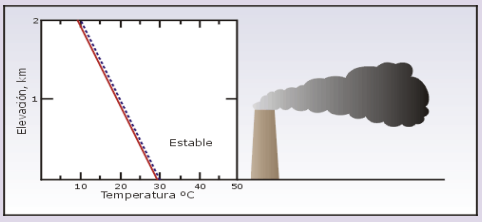
Estabilidad atmosférica

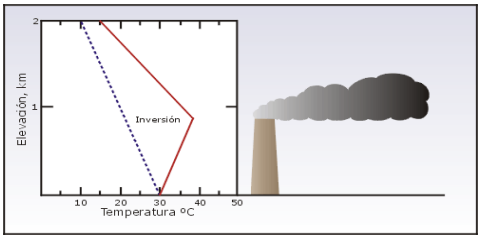
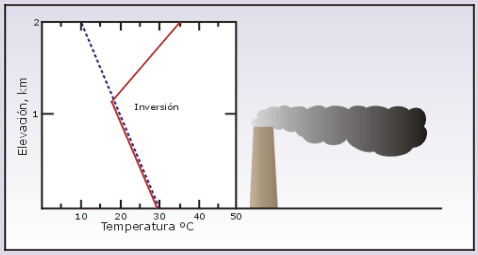
Tabla 7.4 *Categorías de estabilidad atmosférica.*

Categoría de estabilidad	Definición
A	Muy inestable
B	Moderadamente inestable
C	Poco inestable
D	Neutral
E	Poco estable
F	Estable

Fuente: *F. Pasquill, Ingeniería de control de la contaminación del aire, Mc Graw Hill, p79, 1998.*

Tabla 7.5 *Tipos de plumas.*

Tipo de Pluma	Descripción gráfica
a).- **Inestable**.- Se genera en condiciones favorables para la dispersión de los contaminantes.	
b).- **Pluma estable**.- Se produce en condiciones estables del viento, ocasiona que los contaminantes se extiendan por muchos más kilómetros de distancia y por lo general se produce en las primeras horas del día.	
c).- **Pluma neutral**.- Esta pluma se produce frecuentemente en días muy nublados o muy soleados.	

d).-**Pluma de flotación**.- Esta pluma no produce concentraciones elevadas a nivel suelo alrededor de la fuente.	
e).- **Pluma de fumigación**.- Esta pluma produce concentraciones muy altas a nivel suelo, esto se puede evitar si la chimenea es lo suficientemente alta.	

Fuente: *Generalitat Valenciana.*

7.2 Mapas de distribución de emisiones

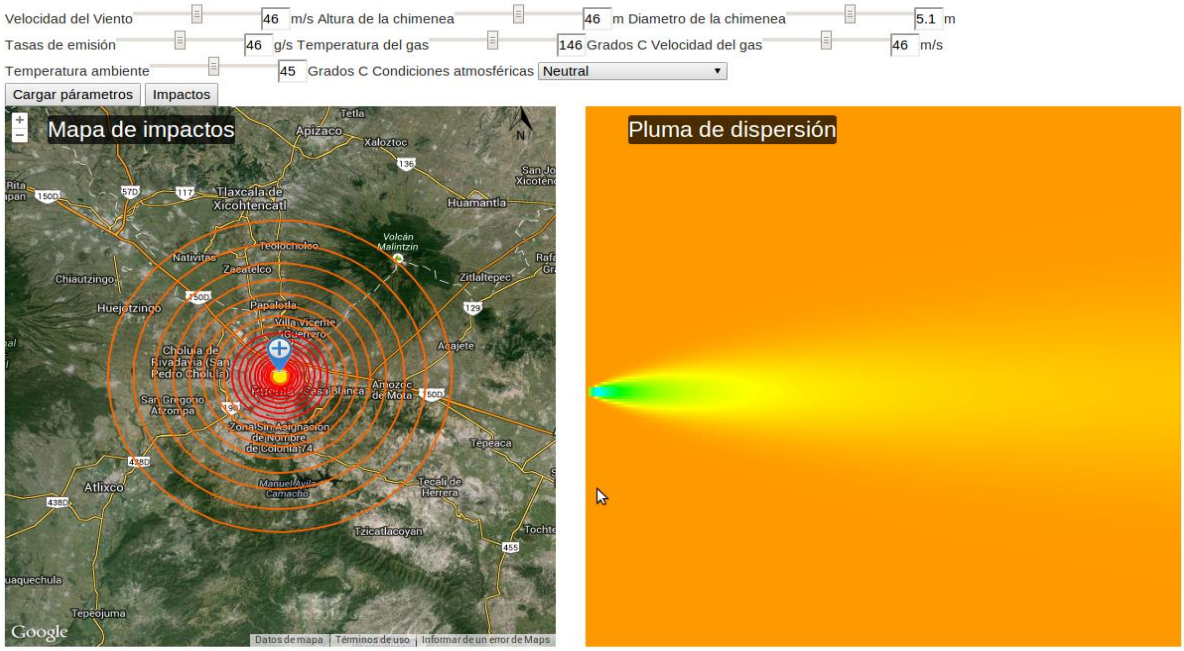
Conocer el comportamiento de las emisiones contaminantes en la atmósfera, permite la planeación oportuna de estrategias en la ubicación de nuevas industrias, zonas habitacionales, áreas recreativas, entre otras edificaciones más, en las que se puede poner en riesgo la salud de la población por la calidad del aire que respiramos los que ahí habitamos.

Sistema de Dispersión para el municipio de Puebla

Se desarrolló una herramienta en WEB que permite aplicar el método de dispersión Gaussiano de dispersión para fuentes fijas. Este sistema permite conocer el comportamiento de la pluma de dispersión, las concentraciones y las posibles áreas de afectación a través de mapas basados en plataformas de sistema de información geográfica. Únicamente es necesario dar entrada a los datos siguientes:

1. Velocidad del viento en metros/segundo.
2. Altura de la chimenea en metros.
3. Diámetro de la chimenea en metros.
4. Tasa de emisión del gas en gramos/segundo.
5. Temperatura del gas de salida en °C.
6. Velocidad del gas de salida en metros/segundo.
7. Temperatura ambiente en °C.
8. Condiciones atmosféricas (Detalladas anteriormente).
9. Distancia X (Distancia en línea recta de la chimenea a un punto X en metros).
10. Distancia Y (Distancia lateral entre la chimenea y el punto Y en metros).
11. Distancia Z (Altura a la que se requiere conocer las concentraciones en metros).

Figura 7.8 *Captura de pantalla de una corrida del software de dispersión.*

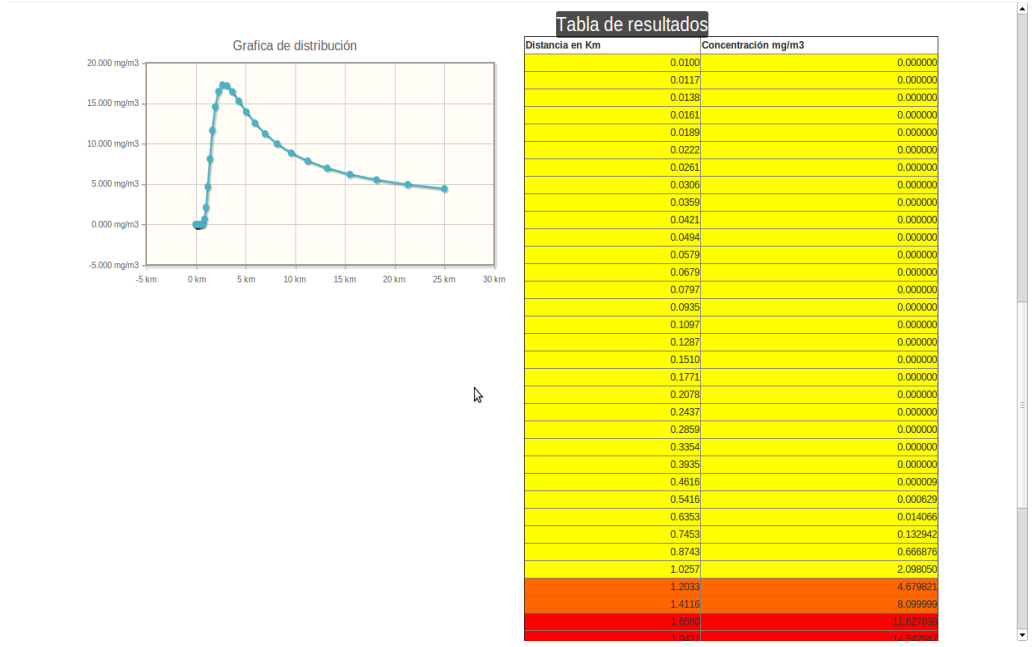


Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

En la figura 7.8 se presenta una corrida realizada por el software de dispersión. Esto permite conocer a través de la WEB cual es el potencial impacto que tendría la emisión a "x" distancia de una fuente, con las condiciones meteorológicas prevalecientes y características del contaminante.

Las salidas del modelo son: Cálculo de la pluma representación gráfica de la dispersión de contaminantes, la gráfica de concentraciones y, distancias de impacto. Esto permite conocer la distribución de las concentraciones a una distancia determinada a nivel de la superficie.

Figura 7.9 *Cálculo de la concentración de contaminantes a una distancia determinada.*



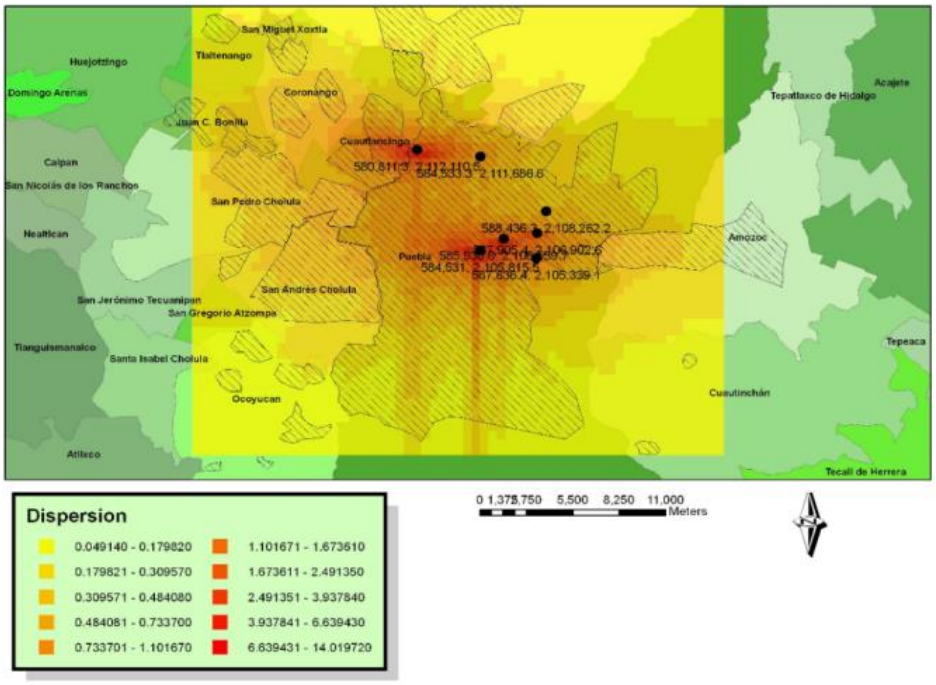
Distancia en Km	Concentración mg/m3
0.0100	0.000000
0.0117	0.000000
0.0138	0.000000
0.0161	0.000000
0.0189	0.000000
0.0222	0.000000
0.0261	0.000000
0.0306	0.000000
0.0359	0.000000
0.0421	0.000000
0.0494	0.000000
0.0579	0.000000
0.0679	0.000000
0.0797	0.000000
0.0935	0.000000
0.1097	0.000000
0.1287	0.000000
0.1510	0.000000
0.1771	0.000000
0.2078	0.000000
0.2437	0.000000
0.2859	0.000000
0.3354	0.000000
0.3935	0.000000
0.4616	0.000009
0.5416	0.000629
0.6353	0.014066
0.7453	0.132942
0.8743	0.666876
1.0257	2.098050
1.2033	4.679821
1.4116	8.099999
1.6560	11.627830

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

En conclusión, el análisis de la dispersión es fundamental para conocer el potencial impacto de los contaminantes atmosféricos en función de las condiciones y variables climatológicas, así como topográficas que intervienen. Cabe mencionar que se presentó un modelo que permite calcular el comportamiento de las emisiones generadas por las fuentes puntuales, como pueden ser las industrias, algunos servicios y comercios.

No obstante, los vehículos automotores y las fuentes fugitivas, entre otros, deben considerarse mediante los métodos que correspondan. Todas ellas al mezclarse crean una dinámica que es importante para el análisis, incidiendo en los potenciales efectos a la salud de la población y a los ecosistemas, y de la cual se deberán extraer políticas de prevención y control de la contaminación del aire.

Figura 7.10 *Dispersión de la contaminación atmosférica en el municipio de Puebla.*

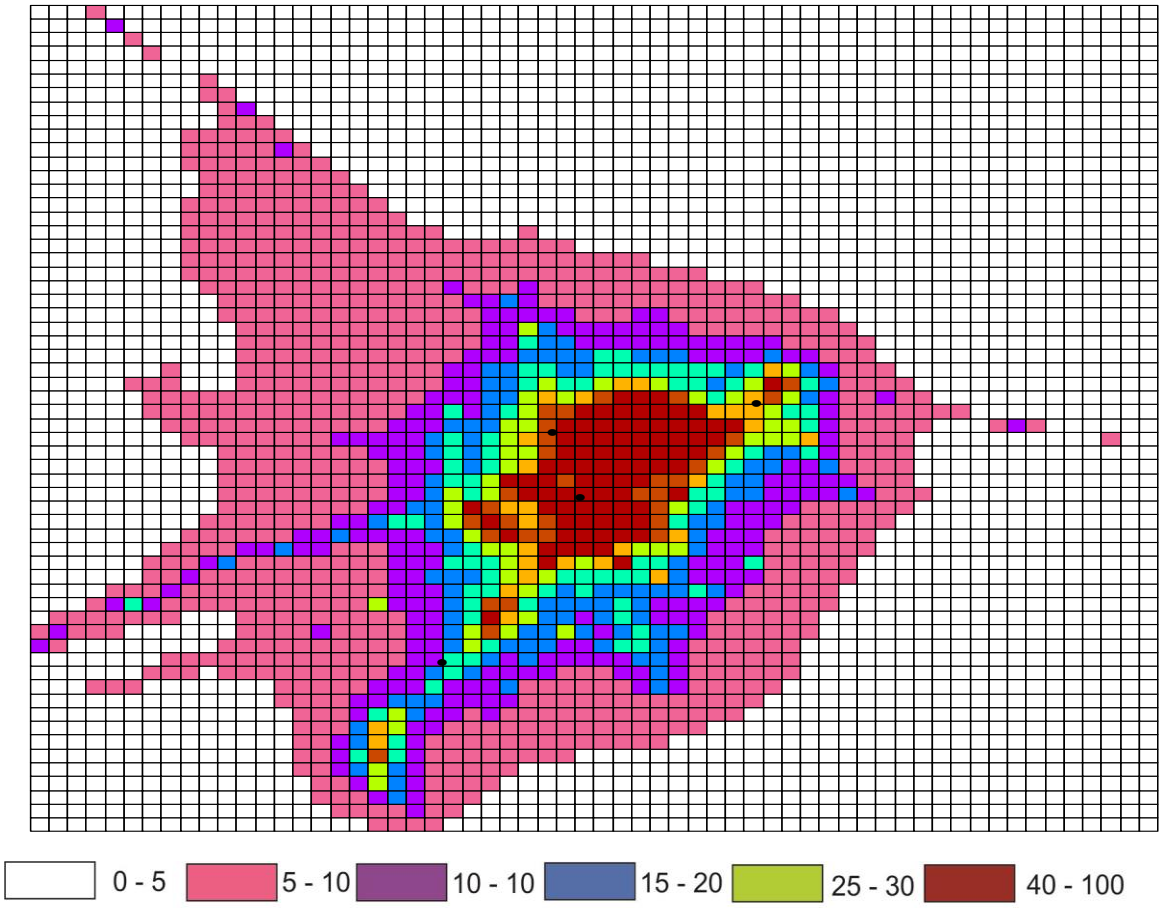


Fuente: *Japan International Cooperation Agency-2010.*

La dispersión de contaminantes para el caso de la ciudad de Puebla, tomando en cuenta la meteorología y la topografía, en un 85% del periodo anual tiene una dirección sur – poniente (figura 7.10). Lo anterior, quiere decir que las fuentes ubicadas viento arriba para la ciudad de Puebla (norte – oriente) inciden sobre la región sur – poniente. Desafortunadamente, la zona industrial se encuentra en la parte norte, por lo que la zona centro y las colonias ubicadas en el sur del municipio de Puebla reciben parte de la contaminación que se produce viento arriba.

Por lo anterior, es necesario establecer políticas de prevención, regulación y control de todas las fuentes de emisión; en especial, las ubicadas en la parte norte y oriente del municipio. Adicionalmente, si el origen de las emisiones se da en la parte norte – oriente, las reacciones y formación de contaminantes secundarios se presentarán en la parte centro – sur y poniente del municipio (figura 7.11).

Figura 7.11 *Dispersión de NO_x en el municipio de Puebla.*



Fuente: *Japan International Cooperation Agency-2010.*

8

Determinación de factores de emisión

8. Determinación de factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos.

Por lo general, los primeros se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales. Por otro lado, los factores de emisión basados en censos se usan generalmente para estimar emisiones de fuentes de área, tales como tortillerías, panaderías y domésticas.

Factores de emisión basados en procesos

En muchos países, principalmente en Estados Unidos, se han realizado múltiples estudios para determinar las tasas de emisión promedio de diferentes procesos que son fuentes de emisiones. Los resultados de muestreos de «fuentes representativas» usados para desarrollar factores de emisión, se expresan como unidades de masa de contaminante emitido por unidad de proceso.

Entre las unidades de proceso más comunes se encuentran el consumo de energía, el consumo de materia prima, las unidades de producción, el calendario de operación, o el número de dispositivos o las características de éstos. Por ejemplo, lb/ MMBtu, (Kg/Mj); lb/gal, (Kg/m^3).

La fuente de consulta más extensa para factores de emisión con base en procesos es el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a), que contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades. La referencia principal para factores de emisión específicos para contaminantes tóxicos del aire es el sistema de datos FIRE (U.S. EPA, 1995b).

Otro documento de referencia es la guía Rapid Source Inventory Technique publicado por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1993) donde se encuentran factores de emisión para diversos conjuntos de fuentes. Estos factores de referencia internacionales también se encuentran en documentos de guía para inventarios de gases de efecto invernadero (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

La base para la determinación de factores de emisión para procesos de combustión de micro empresas de servicio o comercio, se sustenta en información obtenida por medio de cámaras o agrupaciones de empresas (como baños públicos y balnearios); o por medio de encuestas e información de consumos y emisiones que se proporciona directamente por el usuario o empresa.

Para una combustión eficiente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Mezcla íntima combustible – oxígeno.
- Suministro de suficiente aire para quemar todo el combustible.
- Una temperatura apta para iniciar la combustión (precalentamiento).
- El tiempo necesario para que la combustión sea completa.
- La calidad del combustible.

Si las reacciones en cadena son interferidas, o si no hay suficiente oxígeno, se generarán productos intermedios generalmente dañinos. La fracción no combustible de carbón genera principalmente ceniza y su composición depende de las condiciones de combustión y de las propiedades iniciales del combustible. Entre más incompleta sea la combustión, mayor será la generación de material particulado. Las partículas generadas están compuestas por cenizas y hollín. La presencia de humo (partículas en suspensión), es un indicador de qué tan eficiente es la combustión. Notorias emisiones representa una combustión incompleta (Hesketh, 1979).

Factores de emisión basados en censos socioeconómicos o de población

El uso de factores de emisión basados en censos es un método eficiente para estimar emisiones de fuentes de área que no se pueden caracterizar a través de datos de actividad, consumo de combustibles y/o consumo de materias primas, los cuales son imprescindibles para aplicar factores de emisión basados en procesos. Además, comparada con otras técnicas de estimación de emisiones, la estimación de emisiones con factores de emisión basados en censos puede ser una opción más costo-efectiva dado que los datos de censos ya están disponibles en la mayor parte de las regiones donde se realizan inventarios de emisiones. En México, la información sobre población y vivienda, y de empleo por sector económico y municipio está disponible en formato impreso y electrónico a través del INEGI.

La desventaja de usar factores de emisión existentes basados en censos es que la mayor parte de ellos fueron desarrollados en EU o en Europa y es posible que no representen las condiciones socioeconómicas y las prácticas de manejo de los procesos de emisión en México. Por ejemplo, para los EU la EPA ha establecido un factor de emisión de COV´s per cápita para solventes comerciales de 6.3 libras de COV´s/persona/año (esto es, 2.86 kg de COV´s/persona/año). Por su parte, el GDF ha desarrollado algunos factores de emisión basados en censos que son específicos para México. En este caso, para el inventario de fuentes de área de la ciudad de México, el GDF determinó un factor de emisión per cápita de 2.55 kg de COV´s/persona/año.

Es importante recordar que los factores de emisión basados en censos son más exactos cuando se aplican a toda la región para la que el factor de emisión es desarrollado que cuando se aplica en áreas más pequeñas. Por ejemplo, el factor promedio de emisión de aerosoles per cápita desarrollado para todo el país, es un factor de emisión que se basó en los datos nacionales de población y uso de aerosoles. La exactitud de este factor de emisión disminuye en la medida en que se aplica a regiones más pequeñas con características diferentes a las del promedio nacional.

En este sentido, si el consumo de aerosoles per cápita en un municipio o delegación con elevada actividad industrial es más alto que el promedio nacional, el uso de este factor de emisión «promedio» dará como resultado una subestimación de las emisiones.

Factores de emisión per cápita

Las emisiones de procesos como la evaporación de solventes de los productos comerciales y de consumo tales como ceras, productos en aerosol y limpiadores de muebles y ventanas puede ser determinada a través de factores de emisión per cápita, si se supone que sus emisiones pueden asociarse con la población de manera razonable.

Esta suposición es válida para ciertas actividades como tintorerías, pintura de superficies arquitectónicas, pequeñas operaciones de desengrasado y evaporación de solventes de productos domésticos y comerciales. En cambio, los factores de emisión per cápita no se deben utilizar de

manera indiscriminada para aquellas fuentes cuyas emisiones no se correlacionan bien con la población, por ejemplo, para las industrias grandes como plantas petroquímicas o cementeras.

Técnica basada en Censos

Una alternativa importante para determinar los inventarios de emisiones de fuentes de área es utilizar información de censos. El uso de factores de emisión basados en el censo, es un método eficiente para tipos de fuentes de emisión que están dispersas, son numerosas, además de que no pueden ser caracterizadas por el conocimiento de las tasas de proceso, de consumo de combustible y/o de materia prima.

Comparado con otras técnicas, el uso de factores de emisión basados en el censo, es la opción más viable, dado que los datos de los censos están disponibles en las cartas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Sin embargo, cabe señalar que gran parte de los factores de emisión han sido desarrollados a partir de datos estadounidenses (APE 42).

Técnica basada en encuestas y estadísticas

La encuesta es una técnica utilizada comúnmente para agrupar datos de inventario de fuentes puntuales. Un enfoque de encuesta por medio de cuestionario también puede ser utilizado para reunir la información necesaria para calcular las emisiones de fuentes de área. En estos casos, los cuestionarios son enviados o aplicados a un conjunto de establecimientos, y los resultados son extrapolados a los establecimientos restantes con base en algún parámetro que esté relacionado con los niveles de emisión.

Es importante señalar que, si bien el método de encuesta y extrapolación tiene una calificación más alta que el uso de factores, la encuesta debe ser cuidadosamente planeada y ejecutada para que el resultado tenga validez. Si la encuesta es aplicada a un conjunto no representativo de establecimientos, si las preguntas no son hechas o respondidas correctamente o si los datos recibidos de los participantes no son manejados cuidadosamente (por ejemplo errores en la captura), entonces los resultados estimados de la emisión serán sumamente imprecisos.

Determinación de factores de emisión para el municipio de Puebla

Para el desarrollo de los factores de emisión del presente estudio, se realizaron encuestas a cada uno de los giros que, de acuerdo con su actividad y proceso, generan emisiones a la atmósfera. De los giros censados, se consideró importante determinar factores de emisión para panaderías, tortillerías, baños públicos y fuentes domésticas.

La metodología de elaboración para los factores de emisión fue la de encuestas, las cuales se realizaron en todo el municipio de Puebla. Este método, como se comentaba en líneas anteriores es un método eficiente para estimar emisiones de fuentes de área a través de datos de actividad, consumo de combustibles y/o consumo de materias primas, los cuales son imprescindibles para aplicar factores de emisión basados en procesos.

De acuerdo con la información obtenida por las encuestas, se calcularon los diferentes factores de emisión con base en el consumo de combustible por unidad producida. A su vez se realizó un factor por cada uno de los combustibles utilizados. Por ejemplo, para el caso de las panaderías se realizaron los factores para gas Lp, gas natural, Diésel y leña.

Tabla 8.1 *Factores de emisión calculados por giro y tipo de combustible.*

Giro	Combustible			
	Gas LP	Combustóleo	Gas natural	Madera
Panaderías	*		*	*
Tortillerías	*		*	*
Baños públicos		*		*
Fuentes domésticas	*		*	*

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Criterios de análisis de bases de datos de encuestas

Se revisó como primer paso la cantidad de encuestas realizadas en el municipio, de estas se extrajeron las que contaban con toda la información necesaria para considerarlas dentro del análisis. Se realizó una serie estadística básica para determinar el consumo promedio, los consumos máximos y mínimos, así como la moda para tener una idea de consumos y producción más frecuentes por panadería en el municipio de Puebla.

Una vez realizado el análisis estadístico básico se realizaron las conversiones necesarias para estandarizar toda la base de datos y de esta forma poder hacer comparaciones y correlaciones entre la información recabada. Derivado de lo anterior, se encontró que algunos de los establecimientos presentaban información sin lógica, ya que el consumo de combustible por unidad de producto no sería redituable económicamente. En esta secuencia de ideas, se realizó un análisis por percentiles a fin de descartar los extremos que en su momento pueden afectar de manera considerable la confiabilidad del factor. Por la razón anterior, se trabajó con el rango de encuestas dentro de los percentiles 10 y 85.

8.1 Panaderías

Factor de emisión para panaderías

El giro agrupa a los productores de pan, tanto de grandes panaderías como a los pequeños establecimientos. Debido a que la información recopilada fue dada por el propio dueño o encargados de los establecimientos, los consumos venían reportados en litros, kilogramos y gasto mensual, por lo anterior se procedió a realizar las conversiones necesarias para obtener un factor de emisión basado en los m^3 de combustible consumido por establecimiento.

Es importante considerar que el consumo de pan en el municipio se ha incrementado por el aumento de población y la disponibilidad de panaderías cerca de las unidades habitacionales; a su vez, la tecnología de los hornos de pan, se ha mejorado, de tal manera que los hornos son más sencillos y se pueden instalar y adaptar en locales pequeños. La mayor parte de los hornos de elaboración de pan utilizan gas LP como combustible.

El número de panaderías instaladas se obtuvo mediante las encuestas realizadas en el municipio, así como en el registro o padrón de giros controlado por el Honorable Ayuntamiento. El dato de producción-consumo de combustible se obtuvo mediante dos fuentes: 1) de los datos proporcionados por los fabricantes de hornos típicos usados en las panaderías del municipio considerando consumos per cápita de pan y 2) por medio de las encuestas aplicadas en forma directa a los encargados de panaderías.

Una vez realizado el análisis de los datos de producción-consumo, y con base en la calidad del combustible distribuido en el municipio, se obtuvieron los siguientes factores de emisión para panaderías que utilizan gas LP como combustible (toneladas/panadería).

Con la información recopilada se obtuvieron los siguientes resultados:

- Consumo promedio anual de gas LP por panadería: 2.773 toneladas.
- Consumo promedio anual de gas natural por panadería: 2.560 toneladas.
- Consumo promedio anual de leña por panadería: 8.319 toneladas.

Tabla 8.2 *Factores de emisión de panadería que utilizan gas LP como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por panadería
PM	0.28
SO_2	0.05
NO_X	9.20
N_2O	0.58
CO_2	8,460.00
CO	1.27
TOC	27.73
CH_4	0.13

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.3 *Factores de emisión de panadería que utilizan gas natural como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por panadería
PM	0.461
SO_2	0.036
NO_X	5.703
N_2O	0.133
CO_2	7,281.0
CO	2.427
TOC	0.667
CH_4	0.140

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.4 *Factores de emisión de panadería que utilizan leña como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por panadería
PM	18.897
PM 10	16.606
PM 2.5	14.316
SO_2	1.431
NO_X	28.060
N_2O	0.744
CO_2	11,166.5
CO	34.359
TOC	2.233
VOC	0.973

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

8.2 Tortillerías

Factor de emisión para tortillerías

En el municipio se tienen 1,180 tortillerías. La mayoría de ellas utilizan gas LP como combustible y solo en zonas en donde se dispone de gas natural, se utiliza este último. Para la determinación de las emisiones por tortillerías, se utilizaron 3 fuentes de información: 1) datos de fabricantes de máquinas tortilladoras, 2) consumo per cápita (datos obtenidos de encuestas respecto a producción y consumos de combustibles) y 3) datos de eficiencia energética regulados en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-019-ENER-2006 - Eficiencia térmica y eléctrica de máquinas tortilladoras mecanizadas - Límites, método de prueba y marcado. El disponer de información real de producción y consumo de combustible, permite comparar esta con la proporcionada por los diferentes fabricantes y la establecida por la Norma de Eficiencia Energética.

En las tablas siguientes se presentan los consumos y factores de emisión para tortillerías.

- Consumo promedio anual de gas LP por tortillería: 4.590 toneladas.
- Consumo promedio anual de gas natural por panadería: 4.237 toneladas.
- Consumo promedio anual de leña por panadería: 13.77 toneladas.

Tabla 8.5 *Factores de emisión de tortillería que utilizan gas LP como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por tortillería
PM	0.47
SO_2	0.09
NO_X	15.30
N_2O	0.95
CO_2	14,003.00
CO	2.10
TOC	45.90
CH_4	0.21

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.6 *Factores de emisión de tortillería que utilizan gas natural como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por tortillería
PM	0.763
SO_2	0.060
NO_X	9.440
N_2O	0.220
CO_2	12,052.00
CO	4.017
TOC	1.104
CH_4	0.231

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.7 *Factores de emisión de tortillería que utilizan leña como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por tortillería
PM	31.280
PM 10	27.487
PM 2.5	23.696
SO_2	2.369
NO_X	46.445
N_2O	1.232
CO_2	18,483.20
CO	56.872
TOC	3.697
VOC	1.611

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

8.3 Baños Públicos

Factor de emisión para baños públicos

Se tomó la información de las encuestas realizadas en el municipio de Puebla, así como la registrada por las cámaras y asociación de balnearios y baños públicos para determinar el consumo de leña promedio por caldera. Se calculó el calor consumido por caldera y por baño para determinar los factores; se obtuvo además, el número de baños que consumen leña y los que aún consumen combustóleo. Obteniendo los siguientes resultados:

- Consumo promedio anual de combustóleo por baño público: 48.0 m^3.
- Consumo promedio anual de leña por baño público: 142.9 toneladas.

Tabla 8.8 *Factores de emisión de baños públicos que utilizan combustóleo como combustible.*

Contaminantes	Ton/año por baño público
PM	0.058
PM 10	0.495
PM 2.5	0.325
SO_2	2.700
NO_X	0.317
N_2O	0.007
CO_2	140.544
CO	0.029
TOC	0.006
CH_4	0.002

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.9 *Factores de emisión de baños públicos que utilizan leña como combustible.*

Contaminantes	Toneladas/año por baño público
PM	0.292
PM 10	0.257
PM 2.5	0.221
SO_2	0.022
NO_X	0.434
N_2O	0.012
CO_2	173.000
CO	0.531
TOC	0.035
VOC	0.015

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

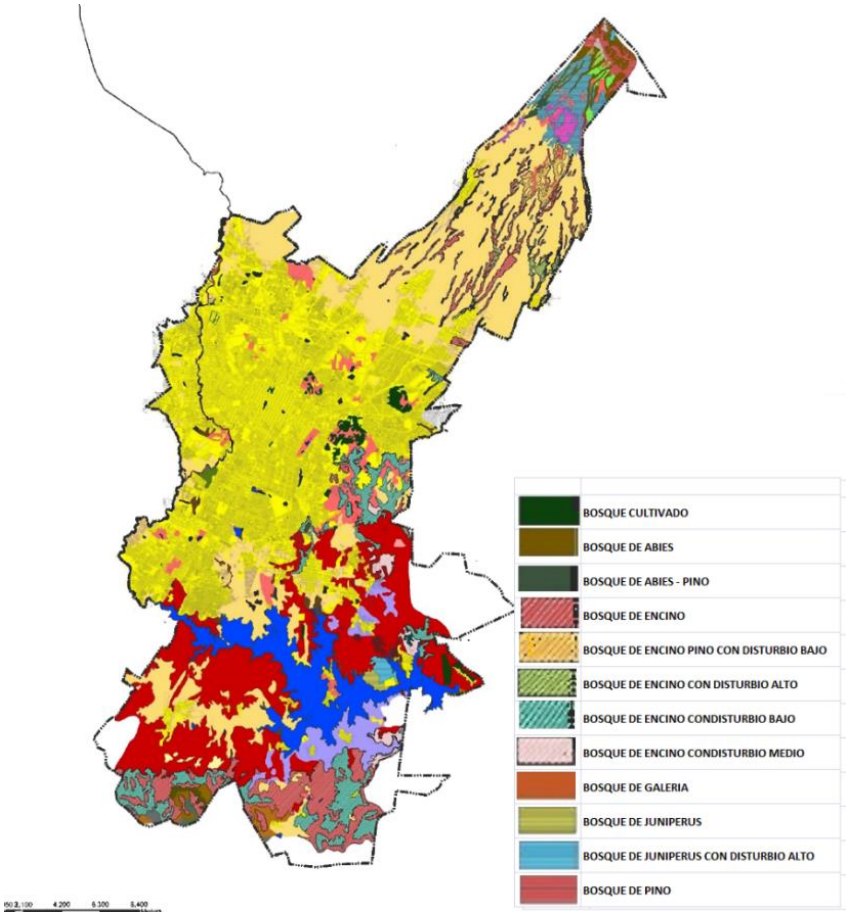
8.4 Viviendas

Factor de emisión para combustión doméstica

La combustión doméstica en la zona urbana está muy orientada al consumo de gas LP y gas natural; sin embargo hay zonas rurales con usos y costumbres, en las juntas auxiliares (principalmente al Nororiente de la ciudad), en donde consumen leña ya que hay disponibilidad o es alto el costo de otros combustibles.

Es importante mencionar que de acuerdo con las encuestas aplicadas no solo en las juntas auxiliares con potencial de consumo de leña sino además en regiones en otros puntos del Estado, la leña que se utiliza es de ramas y árboles viejos o enfermos.

Figura 8.1 *Cubierta forestal del municipio de Puebla.*



Fuente: *Honorable Ayuntamiento de Puebla.*

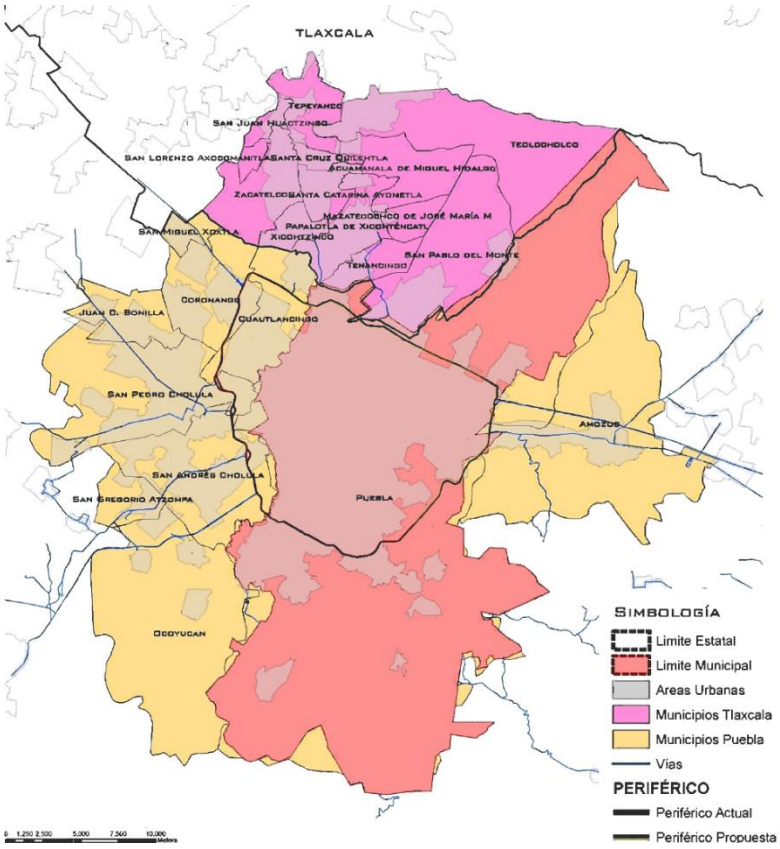
En el plano anterior, se observan las zonas boscosas en el municipio; la zona con mayor carga de vegetación se ubica al norte del municipio, aunque al sur se tienen también zonas boscosas pero con disturbios altos. La disponibilidad de ramas y árboles viejos hacen que todavía los habitantes de las juntas auxiliares de esta zona utilicen esta leña como combustible pero se ubican también centros de acopio de madera residual (de empaques, embalajes y soportes) que se utiliza como combustible.

En el caso del consumo doméstico urbano se tiene la mayor parte del uso de gas LP y en menor porcentaje el gas natural. Para determinar la cantidad de gas LP, gas natural y leña, se consideraron los siguientes criterios:

- El consumo per cápita de gas LP.
- El consumo por vivienda.
- El número de habitantes en el municipio y juntas auxiliares.

Para estimar la cantidad de leña consumida en el medio rural, se consideró que en esta región es donde se consume principalmente leña. En el caso del consumo doméstico urbano, es preferentemente de gas LP siendo el 88.5 % del consumo total y el 11.5% de consumo de gas natural. La referencia está orientada al consumo de energía por habitante y por vivienda y en el caso de las zonas rurales, el consumo es por los usos y costumbres de las juntas auxiliares.

Figura 8.2 *Cartografía del municipio de Puebla.*



Fuente: *Honorable Ayuntamiento de Puebla.*

La zona norte del municipio colinda con el Estado de Tlaxcala y el municipio de Amozoc de Mota (faldas del volcán la Malinche) y los usos/costumbres de usar leña y fabricar carbón originan el consumo de estos combustibles. Derivado del análisis anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

- Consumo anual de gas LP por viviendas: 323 toneladas.
- Consumo anual de gas natural por viviendas: 297.7 toneladas.
- Consumo anual de leña por viviendas: 1,099 toneladas.

Tabla 8.10 *Factores de emisión de viviendas que utilizan gas LP como combustible.*

Contaminantes	Ton/año por vivienda
PM	0.03
SO_2	0.01
NO_X	1.10
N_2O	0.07
CO_2	984.00
CO	0.15
TOC	3.23
CH_4	0.01

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.11 *Factores de emisión de viviendas que utilizan gas natural como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por vivienda
PM	53.628
SO_2	4.233
NO_X	663.302
N_2O	15.524
CO_2	846,769.00
CO	282.256
TOC	77.620
CH_4	16.229

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Tabla 8.12 *Factores de emisión de viviendas que utilizan leña como combustible.*

Contaminantes	Kg/año por vivienda
PM	2.25
PM 10	1.97
PM 2.5	1.70
SO_2	0.17
NO_X	3.34
N_2O	0.09
CO_2	1,327.00
CO	4.08
TOC	0.27
VOC	0.12

Fuente: *Elaboración propia CEEA.*

Resultados

Los factores de emisión que se presentaron con antelación son una muestra de lo que se debe hacer para las diferentes categorías y subcategorías consideradas en la elaboración de inventarios de emisiones. Mismos que constituirán una herramienta acorde a las características locales y calcular de manera sencilla las emisiones de las distintas actividades. Como muestra, una de las actividades analizadas es la de panaderías, si las autoridades requieren conocer las emisiones caracterizadas por tipo de contaminantes (PM, PM 10, SO_2, CO, COV´s, etc.) solamente deben multiplicar el factor de emisión[12] por la cantidad de panaderías existentes en el área de interés.

[12] *Los valores de los factores de emisión son producto de un estudio de campo realizado mediante encuestas y balance de energía.*

9

Plan estratégico del municipio de Puebla

9. Plan estratégico del municipio de Puebla

9.1 Estrategia de control y regulación de emisiones

El artículo 4° de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos establece el *derecho de todo ser vivo de habitar en un ambiente favorable para su bienestar y desarrollo.* Por ello, la obligación de los gobiernos federal, estatal y municipal, es la de velar por las condiciones ambientales en el ámbito de sus respectivas competencias, lo que no se puede lograr sin la participación activa de todos los sectores sociales que se encuentran involucrados.

La preservación, protección y restauración ambiental es responsabilidad de todos mediante la aplicación adecuada y oportuna de herramientas de regulación, observando en todo momento la actuación apegada al marco normativo vigente.

En este sentido es necesario contar con los instrumentos que permitan mejorar la calidad de vida de las generaciones presentes y venideras, buscando siempre el equilibrio entre la competitividad económica, la cohesión social y el aspecto ambiental.

Es importante que las medidas derivadas del diagnóstico y evaluación de las fuentes contaminantes observen el cumplimiento y actuación dentro del marco de la Ley. El municipio de Puebla, en coordinación con los otros niveles de gobierno, debe velar en todo momento las garantías ambientales que lo ubiquen entre los municipios con un mayor desempeño ambiental.

El Honorable Ayuntamiento de Puebla, al poner en práctica las medidas aquí descritas, posicionará al municipio de Puebla como una institución gubernamental confiable y comprometida a cumplir, en todo momento, con los acuerdos y compromisos que se hagan ante los ciudadanos y autoridades.

El municipio de Puebla tiene la capacidad de ser líder a nivel nacional en materia de política ambiental, sin comprometer su desarrollo económico y bienestar social, brindando al mismo tiempo acceso a la información y a la rendición de cuentas.

Las acciones y medidas demandan financiamiento de los tres órdenes de gobierno, siempre y cuando estas se alineen con los planes de desarrollo nacional, estatal y/o municipal correspondiente, así como de inversiones públicas, sociales y privadas que tengan como propósito el beneficio ambiental.

Por lo tanto, la construcción de la estrategia del municipio de Puebla, se sustenta en solventar los problemas en materia de contaminación atmosférica. Esto se logrará a través de metas precisas acordes con la situación actual. Para la construcción de las medidas fue necesario un análisis metodológico de capacidades e identificación de oportunidades tecnológicas, así como de sistematización de procesos.

El marco teórico permitió la conformación de un tablero de Indicadores a través de sistemas de información geográfica, obteniendo una medición del impacto ambiental de los establecimientos y actividades que generan emisiones a la atmósfera.

La integración y estructuración de toda la información recopilada en encuestas y estudios, permite la generación de capital social, la construcción de redes de organización de la sociedad civil, que originen un frente común ante los problemas generados por la contaminación atmosférica.
En este proyecto se analizaron los procesos clave en materia de emisiones a la atmósfera, identificando criterios de mejora en los procesos de combustión, almacenamiento, producción, distribución y comercialización de bienes y servicios, entre otros. Por otra parte, fue necesario conocer la vanguardia tecnológica que hace posible la sistematización y eficiencia de procesos.

Derivado de todo lo anterior, la **estrategia** para reducir las emisiones a la atmósfera generadas por las fuentes potencialmente contaminantes en el municipio de Puebla es la siguiente:

> **Consolidar un padrón actualizado de fuentes que generan emisiones a la atmósfera en el municipio de Puebla, desarrollando medidas para reducir sus emisiones bajo un esquema sostenible.**

A continuación, se presentan las medidas derivadas del diagnóstico, evaluación y análisis de éste estudio, mismas que se alinean con las medidas establecidas en el ***Programa de Gestión de la Calidad del Aire del Estado de Puebla 2012 - 2020***. Es importante que para cada una de ellas se definieron acciones, responsables, indicadores de cumplimiento y un cronograma de aplicación.

9.2 Medidas

Medida 1.- Actualización permanente del padrón de fuentes de emisiones a la atmósfera en el municipio de Puebla y elaboración periódica de los inventarios de emisiones.

Objetivo: Contar con un padrón actualizado (base de datos), de los establecimientos ubicados en el municipio de Puebla que emiten contaminantes a la atmósfera y elaborar anualmente el inventario de emisiones para cada tipo de fuente de manera cualitativa y cuantitativa.

Justificación: Contar con una base de datos de establecimientos que generan contaminación es fundamental para el establecimiento de políticas de prevención y control. Los inventarios de emisiones describen la aportación de las fuentes de emisión, su actualización periódica permite identificar las fuentes potenciales de emisiones y definir criterios de regulación en cada una de ellas. Asimismo, los inventarios permiten desarrollar modelos de dispersión para conocer sus posibles impactos en los diferentes sectores involucrados.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.1	Corroborar bases de datos existentes de establecimientos en el municipio de Puebla, mediante la validación de fuentes de información.	municipio de Puebla, INEGI, CMAP y Cámaras.	Base de datos actualizada.	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.2	Realizar recorridos por la estructura urbana del municipio para verificar y actualizar el padrón.	municipio de Puebla.	Porcentaje de recorrido.		*		*		*		*	

1.3	Adquisición y tratamiento de datos de las fuentes móviles, fijas, de área y biogénicas.	La academia.	Inventario por fuente.	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.4	Actualización y publicación anual del inventario de emisiones a la atmósfera del municipio de Puebla.	Gobierno municipal, estatal y federal.	Resultados publicados.	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: La dependencia municipal encargada de temas medioambientales, será la responsable de coordinar la actualización del padrón de fuentes contaminantes, así como de la elaboración periódica de los inventarios de emisiones.

Beneficios esperados: Contar con un padrón vigente que permita la adecuada aplicación de políticas ambientales en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica. Por otra parte, **l**os inventarios actualizados hacen posible mejorar la identificación de fuentes contaminantes y, de esta manera, implementar medidas eficaces para combatir la contaminación atmosférica, además de vigilar el cumplimiento de los sectores a la normatividad vigente en la materia.

Medida 2.- Fomentar el uso de combustibles limpios en la industria, establecimientos comerciales y de servicios.

Objetivo: Promover el consumo de combustibles menos contaminantes.

Justificación: Los combustibles convencionales (como son combustóleo, diésel y otros), han demostrado tener una tasa mayor de emisiones, en comparación con otros que se emplean para los mismos fines, por ejemplo el gas natural seco.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.1	Identificación de los combustibles más contaminantes utilizados en el sector comercial, de servicios e industrial en el municipio de Puebla.	Gobierno y academia.	Reporte.	*		*		*		*		*
2.2	Identificación de sectores *versus* tipo de combustibles.	Gobierno y academia.	Base de datos.	*		*		*		*		*
2.3	Establecer un programa de fomento a los combustibles con menores tasas de emisión.	Gobierno municipal.	Programa.		*							
2.4	Evaluación de tecnologías y reingeniería en los distintos sectores para la sustitución de combustibles.	Iniciativa privada.	Número de establecimientos.		*							

Instrumentación: El gobierno municipal identificará los combustibles utilizados en establecimientos y fuentes de emisión considerados. Además se elaborará un programa de eficiencia energética que busque la reconversión de la energía.

Beneficios esperados: El cambio a combustibles con menores tasas de emisión, propicia una reducción de las emisiones atmosféricas en el municipio de Puebla.

Medida 3.- Incorporación de sistemas de eficiencia energética en la industria, en establecimientos comerciales y de servicios.

Objetivo: Incrementar la eficiencia energética en los procesos industriales, comerciales y de servicios.

Justificación: La eficiencia energética relaciona la cantidad de energía empleada en los procesos con los productos finales. Una mayor eficiencia energética significa: 1) un menor consumo de combustible, 2) una disminución en las emisiones a la atmósfera y 3) un ahorro económico.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable (s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
3.1	Caracterizar los procesos industriales, comerciales y de servicios presentes en el municipio.	Municipio y academia.	Registro.	*		*		*		*		*
3.2	Vinculación con instituciones de eficiencia energética (como pueden ser SENER, FIDE, CONUEE, otras).	Municipio.	Convenio o similar.		*			*			*	
3.3	Establecer un programa municipal de eficiencia energética.	Gobierno y academia.	Programa.		*							
3.4	Coordinación municipio-establecimientos para fomentar la implementación de criterios de eficiencia energética.	Municipio y establecimientos.	Número de establecimientos.		*			*			*	

Instrumentación: El gobierno será el responsable de identificar las áreas de oportunidad para la instalación de sistemas de eficiencia energética. Para el financiamiento de los proyectos buscará el apoyo del FIDE y de la CONUEE, mismos que incluirá en la elaboración de un programa de estímulos y/o acreditación para las empresas que adopten estas medidas. Para ampliar el alcance del programa, será necesario realizar una campaña de difusión dirigida a los representantes de las empresas y establecimientos seleccionados.

Una vez que se hayan cumplido los requisitos del programa de estímulos y/o acreditación, el municipio hará entrega de los certificados correspondientes y realizará visitas periódicas a los establecimientos y empresas acreditadas para verificar el funcionamiento de los equipos.

Beneficios esperados: El incremento en la eficiencia energética reduce el consumo de energía en los distintos procesos, así como sus tasas de emisiones a la atmósfera y los costos por adquisición de energéticos.

Medida 4.- Establecer y fortalecer los instrumentos de regulación y reporte de establecimientos de competencia municipal, mediante la implementación de la Cédula de Operación Anual municipal (COA) y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Objetivo: Contar con herramientas de regulación que permitan recopilar información precisa y oportuna de las fuentes que generan emisiones y transferencia de contaminantes.

Justificación: Actualmente el gobierno federal, a través de la SEMARNAT, es quién ha consolidado la sistematización y reporte de fuentes que generan emisiones y transfieren contaminantes a los diferentes receptores. Sin embargo, es necesario fortalecer aquellas herramientas que permiten la sistematización de registros ambientales, como es la COA estatal y municipal, así como la actualización del RETC.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4.1	Revisión y análisis de los formatos COA federal y estatal.	Gobierno estatal y municipal.	Evaluación.	*								
4.2	Sistematización en línea (web) de la COA estatal y municipal.	Gobierno estatal y municipal, academia.	Software.	*								
4.3	Implementación y puesta en marcha de la COA estatal y municipal en línea.	Gobierno estatal y municipal.	Un portal web.		*							
4.4	Actualización periódica del RETC estatal y municipal.	Gobierno estatal y municipal.	Base de datos.		*	*	*	*	*	*	*	*
4.5	Reporte periódico e integración del RETC estatal y municipal al RETC nacional.	Gobierno estatal y municipal.	Reporte.		*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: Las Secretarías de Estado y municipal, competentes en la materia, deben encargarse de elaborar y actualizar la COA y el RETC en línea, con la finalidad de brindar a los sujetos obligados una herramienta que permita el eficiente reporte de sus actividades que tienen incidencia sobre el ambiente.

Beneficios esperados: Contar con un sistema en línea que brinde a los usuarios una herramienta de fácil uso a través de la web. Esto permitirá: 1) el ahorro de tiempos y movimientos durante el reporte, 2) generar consultas y reportes oportunos por parte de las autoridades y 3) contar con un sistema que permita la validación en tiempo real.

Medida 5.- Establecer un programa de auditoría y certificación ambiental de establecimientos de competencia municipal.

Objetivo: Fomentar que las empresas y establecimientos de competencia municipal no sólo cumplan con la normatividad ambiental vigente de manera administrativa, sino que además incorporen criterios de eficiencia energética.

Justificación: En la mayoría de los establecimientos que se ubican en el municipio de Puebla, la observación a la normatividad oficial vigente queda únicamente en el nivel de cumplimiento jurídico legal. No obstante, más allá de este cumplimiento existen otras acciones que permiten posicionar a los establecimientos en estándares de eficiencia, lo que se reditúa en ahorro de proceso y beneficio económico.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
5.1	Elaborar un programa de auditoría y certificación ambiental municipal.	Gobierno municipal.	Programa.		*							
5.2	Identificación y búsqueda de incentivos potenciales.	Gobierno municipal.	Incentivo.		*							
5.3	Fortalecer el marco legal municipal en materia de auditoría ambiental.	Gobierno municipal.	Revisión.		*							
5.4	Establecer criterios de certificación.	Gobierno municipal.	Documento.		*							
5.5	Establecer talleres de auditoría municipal en coordinación con cámaras y establecimientos.	Gobierno municipal.	Talleres.		*	*	*	*	*	*	*	*
5.6	Entrega de certificados a establecimientos de competencia municipal.	Gobierno municipal y establecimientos.	Certificados.		*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: El gobierno municipal realizará un programa de auditoria y certificación ambiental; promoverá la revisión y, en su caso, la actualización del marco legal en la materia. Asimismo realizará talleres de capacitación y establecerá los criterios de certificación ambiental.

Beneficios esperados: La auditoría ambiental permitirá que los establecimientos incorporen criterios de eficiencia energética en sus procesos, además de reconocerles sus logros y actividades en pro del ambiente.

Medida 6.- Elaborar un catálogo de factores de emisión y normas técnicas para los giros con mayor potencial de emisiones a la atmósfera.

Objetivo: Contar con factores de emisión y normas técnicas sustentadas en características particulares de los giros de competencia municipal.

Justificación: De acuerdo con la Quinta Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), no se cuenta en México con factores de emisión propios del país, por lo que los estudios realizados han tomado como referencia los valores internacionales, en especial los del AP-42 de la EPA de los EU, mismos que están hechos para las características propias de esos países.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
6.1	Identificar giros clave de competencia municipal.	Gobierno municipal.	Giros.		*							
6.2	Desarrollo de factores de emisión.	Academia.	Factor de emisión.		*	*						
6.3	Elaboración de normas técnicas en materia de emisiones para los giros con mayor potencial.	Gobierno municipal y cabildo.	Norma.		*	*	*			*	*	
6.4	Publicación de factores de emisión y normas técnicas.	Gobierno municipal y cabildo.	Publicación.		*	*	*			*	*	

Instrumentación: El municipio de Puebla, en sinergia con el sector académico, identificará aquellas actividades de competencia municipal que generan mayores emisiones a la atmósfera, a fin de enfocarse en ellas. Posteriormente, se tratarán los datos obtenidos para generar los factores de emisión que corresponden a las características propias del municipio. Por otra parte, se elaborarán normas técnicas en materia de emisiones a la atmósfera que permitan la mejor regulación de los giros municipales con mayor relevancia.

Beneficios esperados: La construcción de factores de emisión específicos para Puebla, traerá ventajas a los establecimientos y a las autoridades ambientales correspondientes, ya que contarán con una herramienta que les permita a ambos estimar de manera ágil las emisiones generadas, ya sea para reporte o para estimar sus criterios de eficiencia.

Medida 7.- Fortalecer el marco legal y reglamentar la regulación de combustibles alternos en el municipio de Puebla.

Objetivo: Contar con el marco legal actualizado que regule la procedencia y uso de combustibles alternos.

Justificación: En el municipio de Puebla una parte significativa de los establecimientos de competencia municipal utilizan combustibles que no están regulados, pero tampoco están tácitamente prohibidos por las autoridades correspondientes. Un ejemplo de ello son los desechos

de madera provenientes de tarimas, aserrín, entre otros; que si bien no proceden directamente del sector forestal, la oferta es significativa por su disponibilidad y costo. No obstante, su uso es común, pero su regulación está sujeta a la discrecionalidad de las autoridades.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
7.1	Elaboración del padrón de combustibles alternos utilizados en el municipio de Puebla.	Gobierno municipal y Sector Académico.	Base de datos.		*							
7.2	Análisis de la legislación federal y estatal en materia de combustibles alternos, para identificar su nivel de regulación.	Gobierno municipal y Sector Académico.	Artículos revisados.		*							
7.3	Fortalecimiento de la legislación municipal en materia de combustibles alternos.	Gobierno municipal y cabildo.	Publicación.		*	*						

Instrumentación: El gobierno municipal, en coordinación con el sector académico, realizará un análisis de los combustibles usados dentro del mismo municipio, identificando y estimando las cantidades utilizadas de los mismos. Por otra parte, se consensará con el Estado y la federación la procedencia y uso de este tipo de combustibles.

Beneficios esperados: El fortalecimiento de la legislación en este rubro, garantizará una mejor regulación en la práctica del uso de estos combustibles por parte de particulares. Evitando de esta manera su uso, o en su caso, permitiéndolo bajo ciertos criterios.

Medida 8.- Fomentar el uso de equipos o sistemas de control de emisiones en establecimientos de competencia municipal.

Objetivo: Reducir las emisiones a la atmósfera en establecimientos mediante el fomento e implementación de sistemas de control de emisiones en los principales giros contaminantes.

Justificación: Los establecimientos municipales que generan emisiones a la atmósfera representan una aportación considerable a nivel municipio, denominadas “fuentes de área”. En este sentido, se pueden adoptar pequeñas prácticas por parte de los particulares que permitan controlar o reducir las emisiones generadas al final de sus procesos, que van desde pequeños filtros, hasta adecuaciones en sus ductos o chimeneas.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
8.1	Identificar los establecimientos con mayores tasas de emisiones a la atmósfera y que sean factibles de implementar sistemas de control.	Gobierno municipal y sector académico.	Listado.		*							
8.2	Elaboración de un catálogo de equipos o sistemas de control por tipo de giro.	Gobierno municipal y sector académico.	Catálogo.		*	*						
8.3	Implementación de sistemas y equipos de control.	Particulares.	Equipo.		*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: El municipio, en coordinación con la academia y particulares, identificará los giros factibles de implementar sistemas o equipos de control atmosférico y fomentará los beneficios de estos equipos. Asimismo deberá hacer un catálogo y directorio de equipos.

Beneficios esperados: La implementación de sistemas y equipos de control reduce las emisiones a la atmósfera provenientes de establecimientos, lo que se ve reflejado en una menor concentración de contaminantes y la exposición a los mismos, reduciendo las enfermedades asociadas a la contaminación.

Medida 9.- Establecer un programa de mitigación y mejores prácticas para la reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV´s) en establecimientos.

Objetivo: Elaborar y aplicar un programa de reducción de emisiones de COV´s en establecimientos de competencia municipal.

Justificación: Los compuestos orgánicos volátiles o COV´s tienen su origen en la quema de combustibles como la gasolina, madera, carbón, gas natural, derivados del uso de solventes, pinturas y otros productos aromáticos empleados o almacenados en casa y trabajo.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
9.1	Identificación de giros y establecimientos que emitan COV´s.	Municipio y sector académico.	Base de datos.		*							
9.2	Elaborar un programa de mitigación y mejores prácticas para la reducción de COV´s.	Municipio y sector académico.	Programa.		*	*						

9.3	Capacitación a personal de gobierno y particulares para manejo y reducción de COV´s.	Municipio y sector académico.	Curso.		*			*			*	
9.4	Implementación de acciones de reducción.	Particulares.	Acción.		*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: El municipio, academia y particulares, identificarán los giros y establecimientos que emitan COV´s a la atmósfera a través de los inventarios de emisiones, determinando las malas prácticas así como alternativas de solución. Por otra parte se capacitará a personal del gobierno y particulares en materia de reducción y control de COV´s.

Beneficios esperados: Reducir las emisiones de COV´s, a través de criterios de control en establecimientos.

Medida 10.- Coadyuvar con el Estado el control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto en estaciones de servicio de gasolina.

Objetivo: Reducir las emisiones de vapores en las terminales de almacenamiento y reparto (TAR), así como en estaciones de servicio.

Justificación: Las estaciones de servicio son puntos de manejo de combustibles, durante su transporte y despacho se pierden cantidades significativas en forma de vapores que se integran a la contaminación atmosférica.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
10.1	Coordinarse con el Estado para el otorgamiento de licencias de uso de suelo y su condicionamiento para la instalación de equipos de control de vapores.	Municipio y Estado.	Licencias.		*	*	*	*	*	*	*	*
10.2	Resolutivos de impacto ambiental, sujetos a condicionamiento de control de vapores.	Municipio y Estado.	Resolutivos.		*	*	*	*	*	*	*	*
10.3	Investigación *in situ*, para estimar las pérdidas de combustible por su manejo.	Sector académico y PEMEX.	Documento.		*	*						
10.4	Elaborar estudios sobre la factibilidad económica de los equipos de recuperación de vapores en nuevos establecimientos.	Particulares.	Estudio.		*	*						
10.5	Incorporación de equipos de control de vapores en establecimientos en funcionamiento.	Particulares.	Equipos.			*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: Regular el control de vapores en Terminales de Almacenamiento y Reparto y estaciones de servicio a través del establecimiento e instalación de equipos de control.

Beneficios esperados: La reducción de emisiones de hidrocarburos volátiles, provenientes de Terminales de Almacenamiento y Reparto y estaciones de servicio, contribuye significativamente a la disminución de la tasa de emisiones, reduciendo la formación de ozono derivado de los compuestos orgánicos volátiles y en consecuencia, contribuyendo a la protección a la salud de la población en general.

Medida 11.- Establecer un programa de regulación de emisiones provenientes de baños públicos.

Objetivo: Implementar un programa que regule las emisiones derivadas del consumo energético en los baños públicos.

Justificación: Los baños públicos constituyen una fuente importante de emisiones a la atmósfera debido a su régimen de operación y a la naturaleza de los combustibles utilizados en sus procesos de combustión.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
11.1	Actualizar periódicamente el padrón de establecimientos pertenecientes a este giro, ubicados en el municipio.	Municipio.	Padrón.		*		*		*		*	
11.2	Establecer un programa de regulación y eficiencia energética en baños públicos.	Municipio.	Programa.		*							
11.3	Fomentar entre los propietarios de baños públicos la eficiente operación y calibración de sus calderas.	Particulares.	Mantenimiento.		*	*	*	*	*	*	*	*
11.4	Establecer un catálogo de comburentes y combustibles permitidos en baños públicos en el municipio de Puebla.	Municipio.	Catálogo.		*							

Instrumentación: El municipio identificará y actualizará el padrón de los establecimientos de este giro y reunirá la información necesaria para realizar, en conjunto con el sector académico, un estudio que cuantifique sus emisiones y un programa de eficiencia energética.

Por otra parte, coadyuvará con los particulares a través de cursos de capacitación en materia de combustión y calibración de calderas. Asimismo, el municipio tendrá que establecer un catálogo de combustibles autorizados, mismo que deberá consensar con el Estado y federación.

Beneficios esperados: La regulación de los baños públicos reduce sus emisiones a la atmósfera, incrementa la eficiencia de sus procesos y reduce pérdidas energéticas.

Medida 12.- Fortalecer el programa de control y aprovechamiento de emisiones de metano derivados de la descomposición orgánica en el relleno sanitario de Chiltepec.

Objetivo: Controlar y aprovechar las emisiones de metano generadas en el relleno sanitario de Chiltepec.

Justificación: Del total dispuesto en el relleno sanitario de Chiltepec, alrededor del 55% es material orgánico, mismo que al descomponerse genera emisiones ricas en metano. Este gas de efecto invernadero (GEI) tiene un importante potencial de calentamiento global 23 veces mayor al del dióxido de carbono. En este sentido, resulta necesario su control, además, al mismo tiempo, hace posible su contribución a la generación de energía eléctrica.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
12.1	Revisar el proyecto existente de captura de biogás en el relleno sanitario de Chiltepec, y en su caso aplicarlo o replantearlo.	Municipio y empresa concesionaria.	Reporte.	*	*							
12.2	Fortalecer el proyecto de control de biogás en el relleno sanitario Chiltepec.	Municipio y academia.	Proyecto.	*	*							
12.3	Ampliar la cartera de recursos económicos y humanos a través del financiamiento de instituciones externas y del propio municipio.	Municipio.	Recursos.	*	*	*						
12.4	Apegarse a los lineamientos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para la generación eléctrica.	Municipio y empresa concesionaria.	Permiso.	*	*	*						
12.5	Puesta en marcha de una estación de generación de energía eléctrica.	Municipio y empresa concesionaria.	Puesta en marcha.		*	*	*					

Instrumentación: El municipio, en coordinación con la empresa concesionaria y la academia, revisará y en su caso actualizará el proyecto existente de captura de biogás y buscará a través de terceras instancias recursos para fortalecer dicho programa. Asimismo gestionará un permiso de la Comisión Reguladora de Energía para operar bajo un régimen de productor independiente de energía eléctrica. Esto implica que se realizarán las acciones necesarias para instalar una estación de generación eléctrica.

Beneficios esperados: Reducir las emisiones de metano a la atmósfera y aprovechar el biogás del relleno sanitario de Chiltepec reduciendo las emisiones de GEI.

Medida 13.- Realizar estudios de dispersión y modelación de la calidad del aire en el municipio de Puebla, así como de investigación de la incidencia de la contaminación sobre la salud de la población.

Objetivo: Conocer el comportamiento y reacción de los contaminantes del aire en la tropósfera de la cuenca atmosférica donde se ubica el municipio de Puebla, además de identificar el costo del impacto que tienen los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población.

Justificación: La calidad del aire está determinada por la concentración de contaminantes en la atmósfera y por las variables meteorológicas prevalecientes, creando diversos niveles de exposición, los cuales repercuten de manera adversa en la salud de la población en general, ocasionando cuantiosos gastos de morbilidad y mortalidad.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
13.1	Realizar estudios de dispersión atmosférica que involucren las variables meteorológicas, caracterización de contaminantes y características del lugar.	Academia.	Estudio.		*	*						
13.2	Desarrollar un sistema en línea bajo plataforma web y sistemas de información geográfica que permita visualizar las trayectorias de los contaminantes.	Academia.	Sistema.		*	*						
13.3	Establecer corridas de dispersión para las principales fuentes de emisiones fijas, asimismo, para las fuentes móviles y de área.	Municipio y academia.	Modelación.		*	*	*	*	*	*	*	*
13.4	Elaboración y publicación de un estudio de dispersión y modelación en el municipio de Puebla.	Municipio y academia.	Publicación.		*			*			*	

Instrumentación: El municipio en coordinación con la academia e instituciones nacionales e internacionales, elaborarán estudios que analicen la dispersión y comportamiento de los contaminantes en la atmósfera, por lo menos éste deberá realizarse cada tres años.

Beneficios esperados: Conocer el comportamiento y reacción de los contaminantes atmosféricos generados en el municipio de Puebla, identificando su potencial efecto, accediendo de esta manera a la eficaz planeación de políticas que orienten la adecuada toma de decisiones en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Medida 14.- Elaborar el programa de movilidad sostenible del municipio de Puebla.

Objetivo: Construir un programa que oriente el transporte público y particular en el municipio de Puebla desde una perspectiva sostenible.

Justificación: El transporte es el sector que más emisiones aporta a la atmósfera en el municipio de Puebla, su tecnología y estructura actual tiene elementos críticos que, de ser atendidos adecuadamente, mejorarían sustancialmente su desempeño. Algunas de las variables que deben atenderse es la de incrementar la velocidad promedio, reducir el congestionamiento vial, mejorar la calidad de los combustibles y reducir el consumo de energéticos. De igual manera, fomentar el transporte no motorizado, como es la bicicleta y peatonal.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
14.1	Elaborar conjuntamente con la Secretaría de Transportes del Estado, el programa de movilidad sustentable.	Municipio, ST, empresas y academia.	Programa.	*	*							
14.2	Actualizar los estudios origen – destino en el municipio de Puebla y zona conurbada.	Municipio, ST, empresas y academia.	Estudio.	*	*	*		*	*	*		
14.3	Reestructurar las rutas existentes del transporte público, además de establecer sistemas troncales y coordinarse con el Gobierno Estatal, para fortalecer el programa RUTA.	Municipio y ST.	Rutas.	*	*							
14.4	Fortalecer la red de ciclovías, además de construir corredores peatonales.	Municipio y ST.	Red.	*	*	*	*					
14.5	Fomentar entre la población conceptos de cultura vial y el transporte no motorizado.	Municipio y ST.	Campaña.		*	*	*	*	*	*	*	*

Instrumentación: El municipio realizará los estudios requeridos para identificar las zonas viales que puedan ser objeto de reingeniería en materia de transporte público y particular en coordinación con la Secretaría de Transportes del Estado. También incluirá el fortalecimiento del transporte público, así como ampliar el programa ciclovías y aplicar campañas de sensibilización de la población mediante el fomento a la cultura vial y al transporte no motorizado.

Beneficios esperados: Mejorar la eficiencia y desempeño de los vehículos en circulación al reducir sus emisiones.

Medida 15.- Revisar el marco legal del municipio de Puebla con el fin de orientar las políticas de calidad del aire en el contexto de cambio climático.

Objetivo: Fortalecer el marco legal vigente en el municipio de Puebla en materia de control y regulación de emisiones a la atmósfera.

Justificación: Actualmente en el ámbito internacional, se han desarrollado diversos programas dirigidos a la reducción y control de contaminantes atmosféricos, donde México no ha sido la excepción. Asimismo, cabe mencionar que el Gobierno del Estado de Puebla viene desarrollando e integrando dentro de su marco legal, criterios que le permitan una mejor regulación y control de las fuentes contaminantes, además de ejecutar programas permanentes a través de las dependencias normativas correspondientes.

En el caso del municipio de Puebla, se debe revisar si su marco legal en la materia, está en alcance y cumplimiento con las aspiraciones estatales, nacionales e internacionales.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
15.1	Conformar un grupo de trabajo para la revisión del marco legislativo municipal en materia de atmósfera.	Municipio.	Grupo.		*							
15.2	Coordinación cabildo y congreso estatal.	Municipio, Cabildo y Congreso estatal.	Reuniones.		*	*						
15.3	Presentar (en caso que se requiera) una propuesta o adición que modificaría la Ley.	Municipio.	Iniciativa.		*	*	*					
15.4	Publicación (en caso que se apruebe).	Municipio, Cabildo y Congreso estatal.	Publicación.		*	*	*					

Instrumentación: El municipio tomará la iniciativa de integrar grupos de trabajo para la revisión del marco legislativo vigente, asimismo de convocar a las partes correspondientes y en su caso, presentar las propuestas de modificatorias a la Ley.

Beneficios esperados: Un marco legal actualizado, da sustento jurídico a la aplicación de las acciones ejecutadas por el municipio de Puebla, permitiendo blindar la operación de las áreas competentes para una mejor regulación y vigilancia en materia de contaminación atmosférica.

Medida 16.- Crear el "Observatorio Ambiental del municipio de Puebla", que concentre el estatus e indicadores que guardan los diferentes sectores ambientales, además de ser un portal de difusión.

Objetivo: Establecer de manera física o virtual un sistema de observación ciudadana en materia de indicadores ambientales, así como de seguimiento al desempeño de los programas gubernamentales vinculados en la materia.

Justificación: Conocer, a través de indicadores, el estado y la calidad del ambiente en el municipio de Puebla es fundamental, ya que de ello depende la participación social frente a problemas actuales. Siendo una herramienta de expresión social y académica, además de ser un instrumento para dar seguimiento puntual al desempeño gubernamental en materia de rendición de cuentas.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
16.1	Convocar a los diferentes sectores sociales para consensar la construcción y puesta en marcha del "Observatorio Ambiental del municipio de Puebla".	Municipio y sectores sociales.	Reunión.	*	*							
16.2	Definir los sectores e indicadores que deben ser presentados, así como el catálogo de programas competentes en la materia.	Municipio.	Base de datos.	*	*	*						
16.3	Establecer en la web una plataforma de interacción recíproca sociedad - gobierno, que presente tableros de indicadores.	Municipio y academia.	Página web.		*	*						

Instrumentación: El municipio definirá los contenidos a presentar, además pondrá a consideración de los diversos sectores sociales, los indicadores que estarán en la plataforma web para consulta del público. Además esta plataforma deberá permitir la interacción a través de foros. Por otra parte, se presentaran los programas que el ejecutivo federal, estatal o municipal aplica en la materia dentro del municipio de Puebla.

Beneficios esperados: Propiciar un escenario mediante el cual la comunidad pueda estar más y mejor informada y cualificar sus procesos de participación en la gestión ambiental. Se desarrollará una interacción con la ciudadanía a fin de que ésta participe proactivamente en la generación de información y proyectos ambientales.

Medida 17.- Elaborar el programa de eficiencia en el consumo de leña en la región Malinche y establecer un programa de plantaciones Endoenergéticas.

Objetivo: Reducir las emisiones derivadas de la quema de leña y mitigar la deforestación por esta actividad así como fomentar plantaciones endoenergéticas en la región de la Malinche.

Justificación: El municipio de Puebla incluye la junta auxiliar de Canoa, misma que se asienta en las faldas del área natural protegida "La Malinche". El consumo de leña es una actividad relevante en esta comunidad, destinado para la cocción de alimentos, higiene personal y calefacción, lo que contribuye a la emisión de contaminantes a la atmósfera y a la degradación de los bosques.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
17.1	Fortalecer el programa de estufas ahorradoras de leña en la comunidad de Canoa, además de coordinarse con las dependencias del Estado y federación competentes en la materia.	Municipio, Estado y federación.	Estufa ahorradora.	*	*	*						
17.2	Caracterizar el tipo de biomasa utilizada, además de realizar estudios de emisiones y análisis de prototipos de estufas.	Municipio, Academia y COLPOS.	Estudio.		*	*						

Instrumentación: El municipio se coordinara con el estado y federación para buscar financiamiento que fortalezca el programa antes mencionado, en función de que existen recursos destinados a este sector. Por otra parte, realizará la gestión correspondiente en la junta auxiliar para identificar el sector potencial de la comunidad que acceda a trabajar con el programa antes mencionado.

Beneficios esperados: Reducir las emisiones derivadas del consumo de leña y reducir la tala en la Malinche.

Medida 18.- Fomentar el uso de sistemas termosolares, fotovoltaicos y eólicos como fuente de energía alternativa en el municipio de Puebla.

Objetivo: Fomentar el uso de calentadores solares en los sectores doméstico y comercial. Así como de sistemas fotovoltaicos y eólicos para la micro-generación de energía eléctrica.

Justificación: El uso de combustible fósiles en el municipio de Puebla es considerable, por ello, es necesario migrar hacia sistemas alternativos de energía, mismos que actualmente son viables económica y técnicamente.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
18.1	Elaborar un plan de eficiencia energética en el municipio de Puebla con énfasis en sistemas no convencionales.	Municipio y academia.	Plan.		*							
18.2	Buscar fondos nacionales e internacionales para la adquisición y fomento de sistemas solares y eólicos.	Municipio.	Convenio.		*	*	*					
18.3	Realizar una campaña de difusión a través de los medios de comunicación.	Municipio.	Campaña.		*	*	*					
18.4	Buscar la intervención del FIDE y del FIRCO, para buscar créditos a particulares.	SMASP.	Convenio.		*	*						
18.5	Realizar ferias con proveedores.	Municipio, proveedores y sociedad.	Evento.		*	*	*					

Instrumentación: El municipio elaborará un plan de eficiencia y buscará recursos a nivel estatal e internacional que estén destinados para este rubro. También diseñará, en conjunto con las áreas de comunicación social, un programa de difusión en los principales medios de comunicación. Por otra parte, trabajará con FIDE, FIRCO, CENER, entre otros para fortalecer el programa en el municipio y desarrollará eventos (ferias) para el fomento de estos sistemas.

Beneficios esperados: Reducir el consumo de energía eléctrica generada por la quema de combustibles fósiles e incentivar a la población al uso de la energía solar como una opción económica y ambientalmente viable.

Medida 19.- Realizar una campaña de detección y corrección de fugas de gas LP en el sector doméstico.

Objetivo: Minimizar las fugas de gas LP en el sector doméstico.

Justificación: El gas LP es el energético de mayor uso en el sector doméstico y comercial, utilizado principalmente para la cocción de alimentos y calentamiento de agua. Según datos de la CONUUE, las fugas en las instalaciones domésticas son un problema recurrente que disminuye el aprovechamiento del energético, repercutiendo en el gasto familiar y ocasionado contaminación en la atmósfera al integrar compuestos orgánicos volátiles a ésta.

Líneas de acción:

No.	Acciones	Responsable(s)	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
19.1	Caracterizar las zonas con mayor concentración de hogares – comercios que utilicen gas LP o natural.	Municipio y empresas.	Estudio.		*							
19.2	Elaborar un programa de detección de fugas.	Municipio y empresas.	Programa.		*							
19.3	Elaborar una campaña de difusión en los principales medios de comunicación en materia de “fugas”.	Municipio, medios de comunicación y empresas.	Campaña.		*	*						
19.4	Realizar un programa de fugas en domicilios – empresas, en las principales regiones del municipio de Puebla.	Empresas y comunidad.	Talleres.		*	*	*					

Instrumentación: El municipio identificará las zonas con mayor concentración de hogares y comercios que hagan uso de gas LP o natural, a fin de identificar sectores potenciales para aplicar el programa y de esta manera dirigir acciones específicas. Además se diseñará en conjunto con las áreas de comunicación social, un plan de comunicación y difusión para informar sobre la identificación de fugas y las formas de reparación de las mismas.

En esta acción las empresas juegan un papel fundamental, ya que son ellas quienes identificarán y trabajaran directamente con la sociedad, a través de talleres comunales, atendiendo y explicando las acciones para identificar y solucionar el problema de las fugas domésticas y comerciales.

Beneficios esperados: Controlar y reparar las fugas de gas LP para contribuir a la reducción de emisiones de COV´s a la atmósfera (precursoras del ozono). Por otra parte, incrementar la eficiencia energética y reducir las pérdidas económicas.

9.3 Fuentes de financiamiento

El desarrollo y la aplicación de las acciones y medidas enunciadas en éste documento, permitirán alcanzar las metas establecidas. Para ello es necesario contar con mecanismos de financiamiento como lo son los recursos federales, estatales y municipales, aportaciones provenientes de organismos no gubernamentales nacionales e internacionales, así como inversiones del sector privado.

Entre los mecanismos de financiamiento están las inversiones federales, estatales y municipales, los programas sectoriales, recursos institucionales, recursos del sector privado, donaciones, aportaciones de instituciones internacionales y la adquisición de servicios de crédito.

Antes de solicitar financiamiento, ya sea internacional, nacional, de la iniciativa privada o multilateral, debe contarse con capacidades y asistencia técnica necesarias con el fin de cubrir los requerimientos de las fuentes de financiamiento.

En el caso de prevención y control de la contaminación atmosférica, los programas que brindan apoyo para implementar los programas y acciones que buscan mejorar la calidad del aire están sujetos a condiciones específicas como tiempos, reglas de operación y condiciones. A continuación se listan las fuentes potenciales identificadas que pueden aportar los recursos financieros imperativos para desarrollar y ejecutar las medidas y acciones propuestas.

Presupuesto de Egresos de la Federación

Anualmente brinda recursos a las entidades federativas y dependencias sectoriales en el marco de la Ley de Ingresos de la Federación. La Cámara de Diputados determina anualmente en qué proyectos se gastarán los recursos públicos, así como los montos y formas en que se realizará. En éste, caso se trata del ramo 16: ambiente.

Programa de Fortalecimiento Ambiental de las Entidades Federativas

Se trata de un programa creado especialmente para contribuir al cumplimiento de los objetivos vinculados con la conservación y recuperación del ambiente y objetivos asociados con el desarrollo sostenible y el crecimiento ecológico como propósito esencial de los gobiernos en sus tres órdenes. El gobierno pone a disposición de los ciudadanos su portal en internet en la liga http://www.semarnat.gob.mx/apoyos-y-subsidios/pef/inicio.

Programa de Desarrollo Institucional Ambiental (PDIA)

Este programa busca contribuir con el fortalecimiento de la capacidad institucional de gestión y planeación ambiental de las dependencias ambientales estatales, está dirigido a las dependencias estatales y municipales encargadas de proteger recursos naturales y del ambiente, ya sean Secretarías, Comisiones, Coordinaciones, Institutos, Consejos, Direcciones Generales, Procuradurías y todas aquellas que los gobiernos estatales designen como autoridades ambientales. Se puede obtener más información en su página web http://www.semarnat.gob.mx/.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Es un organismo público descentralizado que tiene por objetivo desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal. Cuenta con programas de apoyo orientados a la preservación, cuidado y protección de las áreas boscosas. Su portal web es www.conafor.gob.mx/.

Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur - Sur (PDIA)

Actualmente México se encuentra en proceso de elaboración de factores de emisión óptimos para la estimación de emisiones y absorción de dióxido de carbono a nivel nacional mediante el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur. El principal objetivo del proyecto es proporcionar información precisa sobre el balance de carbono en bosques debido a las múltiples actividades humanas y disturbios naturales que inciden en ellos. Esta información se empleará para elaborar los reportes nacionales que son enviados a las Naciones Unidas. Paralelamente, se realizan evaluaciones del Inventario Nacional Forestal y de Suelos para medir y estimar carbono en la biomasa aérea. Ponen a disposición del público en general su página http://www.mrv.mx/index.php/es/

Fondo de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (GEF)

Es una organización financiera independiente que provee contribuciones a fondo perdido para países en desarrollo que tienen proyectos de beneficio ambiental y de promoción para el mejoramiento del nivel de vida de las sociedades. En México se estableció una delegación encargada de atender estos asuntos en el ámbito local. Se puede obtener más información en http://www.pnuma.org/

Banco Mundial

Es un organismo especializado de las Naciones Unidas que trabaja como una fuente de asistencia financiera y técnica para países en desarrollo. Entre sus múltiples objetivos está el tema medio ambiental. Concede préstamos de bajo interés, créditos sin intereses a nivel bancario y apoyos económicos a las naciones en desarrollo, ofrece una amplia gama de soluciones para hacer frente a los desafíos de desarrollo y todas están diseñadas para respaldar a los Gobiernos en sus esfuerzos por reducir la pobreza e impulsar la prosperidad en un esquema sostenible. Su página en internet es http://www.bancomundial.org/

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Esta institución apoya en el diseño de proyectos y provee asistencia financiera (préstamos, inversiones y subsidios), técnica y de servicios de conocimiento para el desarrollo a gobiernos nacionales, provinciales y municipales, a empresas privadas y a organizaciones de la sociedad civil. Algunos proyectos del BID buscan abordar y mitigar los impactos del cambio climático en las áreas de energía renovable, eficiencia energética, reciclaje y biocombustibles, además de invertir en proyectos de educación, salud, vivienda, capacitación laboral y fortalecimiento de capacidades e infraestructura. Pone a disposición del público su página web http://www.iadb.org

Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)

Es una institución internacional administrada y capitalizada en partes iguales por México, Estados Unidos y Canadá, tiene múltiples propósitos, entre ellos el apoyar proyectos de infraestructura ambiental. Su portal en internet es http://www.nadbank.org/directorio.asp.

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C (BANOBRAS)

Se trata de una institución bancaria de desarrollo que se tipifica como empresa pública con participación estatal mayoritaria, que cuenta con personalidad jurídica. Entre sus objetivos están coadyuvar al fortalecimiento institucional de los gobiernos a nivel federal, estatal y municipal, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible del país, financiar o refinanciar proyectos relacionados directa o indirectamente con inversión pública o privada en materia de infraestructura para la competitividad, el desarrollo y los servicios públicos, así como con las mismas operaciones, busca un crecimiento económico sostenido al financiar proyectos con alta rentabilidad social, y a contribuir al mejoramiento del ambiente. Su página web es http://www.banobras.gob.mx/Paginas/Banobras.aspx.

Banco Nacional de Comercio Exterior, S. N. C.

Esta institución concede crédito y financiamiento para la realización de proyectos sostenibles, con el objetivo de incentivar la realización de proyectos destinados a la mejora del ambiente. Su correo electrónico es http://www.bancomext.com/

Plan de Acción Global (GAP)

Programa internacional auspiciado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), busca mejorar las condiciones de vida de las personas reduciendo el impacto generado sobre el ambiente, a través de acciones que pueden realizarse incluso desde el nivel doméstico. Su portal en internet es http://www.programagap.org/index.php

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

El FMAM financia una amplia gama de proyectos que varían en la escala de sus recursos, las necesidades del proyecto y el tema abordado. Con el fin de ser aprobado, cada proyecto sigue un determinado ciclo establecido por el FMAM.

El FMAM ofrece donaciones a países en desarrollo y países con economías en transición para proyectos en materia de cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, conservación o rescate de la diversidad biológica, las aguas internacionales, la degradación de la tierra, y combate a los contaminantes orgánicos persistentes. Mayor información en http://www.thegef.org

Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)

El Plan de Actuación Sectorial de Medio Ambiente de la AECID establece el fomento de un nuevo paradigma de desarrollo basado en economías sostenibles, caracterizadas por bajas emisiones de carbono y altos índices de biodiversidad, justicia social y equidad.

La AECID es una Entidad de Derecho Público adscrita al Ministerio de Asuntos Exteriores y Secretaría de Estado de Cooperación Internacional y para Iberoamérica (SECIPI) y su meta es el fomento, la gestión y la ejecución de las políticas públicas de cooperación internacional para el desarrollo, dirigidas a la lucha contra la pobreza, calidad del aire y la consecución de un desarrollo humano sostenible en los países en desarrollo. Se puede acceder a su página web en la siguiente dirección http://www.aecid.es/ES.

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

Tiene como objetivo brindar apoyo a diferentes instancias nacionales e internacionales, así como proyectos de desarrollo, asistencia técnica y el desarrollo de un entorno financiero favorable, entre ellos está el estímulo en el sector ambiental. Su página de internet es http://www.usaid.gov/.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA)

Se trata de un órgano de gobierno de los Estados Unidos que ofrece fondos a los estados e instituciones sin fines de lucro con el objetivo de mejorar el ambiente. La agencia apoya proyectos de educación ambiental que fomentan la conciencia pública, el conocimiento, y habilidades para tomar decisiones informadas que afectan la calidad ambiental. La agencia también ofrece cooperación a gobiernos internacionales sobre financiamiento para proyectos y servicios ambientales. Su página web es http://www.epa.gov/.

Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA)

Es una institución del gobierno japonés que busca contribuir a la promoción de la cooperación internacional, mediante el otorgamiento de apoyo al desarrollo ambiental, socioeconómico, así como a la recuperación o la estabilidad económica de los países en desarrollo.

Para contribuir a la formación de recursos humanos y a la formulación de los sistemas administrativos de los países en vías de desarrollo, la cooperación técnica apoya mediante el asesoramiento de expertos, el suministro de equipo y la capacitación del personal. Los planes de cooperación pueden adaptarse para responder a una amplia gama de temas. Se puede acceder a su página web en la siguiente dirección electrónica http://www.jica.go.jp.

Agencia de Cooperación de Alemania (GIZ)

La GIZ forma parte del gobierno federal alemán y tiene como objetivo contribuir al desarrollo político, económico, ecológico y social sostenible de los países en desarrollo. En México, la GIZ se enfoca en la protección del ambiente teniendo como prioridad el manejo de agua potable y aguas residuales; la minimización, reutilización y manejo de los residuos, transferencia de tecnología ambiental y protección de la calidad del aire entre otras. Su portal de internet es http://www.giz.de/en/worldwide/306.html.

Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM)

Se trata de un fondo público bilateral que fomenta la protección del ambiente en los países en desarrollo y transición alrededor del mundo mediante proyectos de desarrollo sostenible. Las entidades públicas y privadas podrán ser beneficiarias de éste fondo si los proyectos propuestos ocasionan un impacto positivo significativo sobre el ambiente mundial y contribuyen al desarrollo social y económico, son proyectos innovadores que mantienen la perspectiva social, institucional, económica y ambiental. Su portal en internet es http://www.ffem.fr.

Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI)

Agencia internacional dedicada al cuidado del ambiente, apoya a gobiernos locales (municipalidades) ofreciendo servicios de capacitación, asistencia técnica y asesoría, en el diseño e implementación de programas de desarrollo sostenible. Su página en internet es www.iclei.org.mx.

Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC)

El IDRC fue creada en 1970 por el Parlamento de Canadá, es corporación pública que contribuye a la búsqueda de soluciones a los problemas sociales, económicos y ambientales de las comunidades en el mundo en desarrollo, a través del financiamiento de investigaciones científicas.

El CIID ha escogido como prioritarios los siguientes seis temas de desarrollo: seguridad alimentaria, equidad en el uso de los recursos naturales, conservación de la biodiversidad, empleo sostenible, estrategias y políticas para sociedades saludables e información y comunicación. Se puede acceder a su página de internet en la siguiente dirección http://www.idrc.ca/EN/Pages/default.aspx.

Iniciativa Privada

El **s**ector privado es el principal generador de empleos y de inversión, por lo que tiene un papel vital en el desarrollo de una economía de mercado. Algunos integrantes del sector privado también contribuyen ocasionalmente a la preservación y conservación del ambiente. El programa de financiamiento del sector privado abarca varios temas entre los que figuran proyectos de infraestructura ambiental, conservación de la biodiversidad y equidad social.

Fondo para Proyectos de Prevención de la Contaminación (FIPREV)

El FIPREV ofrece servicios de crédito a las micro, pequeñas y medianas empresas para prevenir la contaminación ambiental, así como para el equipamiento y modernización tecnológica. Entre sus criterios de elegibilidad están ser una micro, pequeña o mediana empresa mexicana o persona física con actividad empresarial con alta en la SHCP, un mínimo de 2 años de antigüedad o tiempo de operación. Comprobar un flujo de efectivo suficiente para soportar el proyecto, acreditar una adecuada capacidad técnica y administrativa para ejecutar el proyecto y cubrir los requisitos inherentes al otorgamiento del crédito (solicitud y documentos). Su dirección de internet es www.funtec.org/programas/fppc.html

Listado de Tablas y Figuras

Listado de Figuras

Figura 1.1 *Localización y límite del municipio de Puebla.*
Figura 1.2 *Orografía del municipio de Puebla.*
Figura 1.3 *Mapa hidrológico del municipio de Puebla.*
Figura 1.4 *Clima del municipio de Puebla.*
Figura 1.5 *Parques urbanos en el municipio de Puebla.*
Figura 1.6 *Vías de Comunicación municipio de Puebla.*
Figura 1.7 *Mapa de uso de suelo para el municipio de Puebla.*
Figura 1.8 *Mapa de vegetación municipio de Puebla.*
Figura 1.9 *Integración del municipio de Puebla por sus 17 juntas auxiliares.*
Figura 2.1 *Fuentes de energía.*
Figura 2.2 *Procesos energéticos.*
Figura 2.3 *Balance energético municipal 2011 (petajoules).*
Figura 2.4 *Estructura porcentual del consumo final total.*
Figura 2.5 *Porcentaje de autosuficiencia energética.*
Figura 2.6 *Balance energético municipal 2011 en petajoules (PJ).*
Figura 2.7 *Variación de la producción anual de energía primaria.*
Figura 2.8 *Porcentaje de la energía disponible producción municipal.*
Figura 2.9 *Evolución anual del consumo final total de energía.*
Figura 2.10 *Evolución anual del consumo energético por rama industrial.*
Figura 2.11 *Energía disponible y demanda de electricidad.*
Figura 2.12 *Consumo energético per cápita municipal.*
Figura 3.1 *Interfaces de consulta.*
Figura 3.2 *Captura de la información.*
Figura 3.3 *Sistema de geolocalización automática.*
Figura 3.4 *Realización del layout.*
Figura 3.5 *Tabla Resumen.*
Figura 3.6 *Pantalla de login.*
Figura 3.7 *Captura o Visualización de Datos.*
Figura 3.8 *Ubicación del sitio en el sistema.*
Figura 3.9 *Apartado "Datos de la empresa".*
Figura 3.10 *Mapa con opciones de herramientas y capas de visualización.*
Figura 3.11 *Personalización del tipo de mapa deseado.*
Figura 3.12 *Visualización 360° del sitio de interés.*
Figura 3.13 *Localización en el mapa.*
Figura 3.14 *Apartado del DENUE.*
Figura 3.15 *Información por giro.*
Figura 3.16 *Reporte del día.*
Figura 4.1 *Procedimiento de obtención de información.*
Figura 4.2 *Modelo de encuesta.*
Figura 4.3 *Equipamiento de trabajo.*
Figura 4.4 *Mapa de reunión.*
Figura 4.5 *Mapa delimitación de recorridos por equipos.*
Figura 4.6 *Levantamiento de encuestas en campo.*
Figura 4.7 *Regiones para el levantamiento de encuestas*
Figura 4.8 *Porcentaje de distribución de servicios y comercios.*
Figura 4.9 *Consumo de combustibles por servicios y comercios.*
Figura 4.10 *Consumo de gas LP.*
Figura 4.11 *Consumo de Gas Natural.*
Figura 4.12 *Consumo de combustóleo.*
Figura 4.13 *Consumo de diésel.*
Figura 4.14 *Consumo de carbón.*
Figura 4.15 *Consumo de leña.*
Figura 5.1 *Fuentes del inventario de emisiones a la atmósfera.*
Figura 5.2 *Imagen de una caldera utilizada en la industria.*
Figura 5.3 *Imagen de una panadería en Puebla.*
Figura 5.4 *Aforo vehicular en la Ciudad de Puebla.*
Figura 5.5 *Contribución porcentual de emisiones por fuente.*
Figura 5.6 *Distribución porcentual de emisiones de PM 10 en fuentes fijas.*
Figura 5.7 *Distribución porcentual de emisiones de SO_2 en fuentes fijas.*
Figura 5.8 *Distribución porcentual de emisiones de CO en fuentes fijas.*
Figura 5.9 *Distribución porcentual de emisiones de NO_x en fuentes fijas.*
Figura 5.10 *Distribución porcentual de emisiones de COV´s en fuentes fijas.*
Figura 5.11 *Distribución geográfica de industrias en el municipio de Puebla.*
Figura 5.12 *Número de habitantes en el Estado de Puebla.*
Figura 5.12 *Número de habitantes en el municipio de Puebla.*
Figura 5.13 *Proyección de habitantes en el municipio de Puebla para 2015.*
Figura 5.14 *Gráfica inventario de emisiones de fuentes de área.*
Figura 5.16 *Distribución porcentual de PM 10 en fuentes de área.*
Figura 5.17 *Distribución porcentual de SO_2 en fuentes de área.*
Figura 5.18 *Distribución porcentual de CO en fuentes de área.*
Figura 5.19 *Distribución porcentual de NO_x en fuentes de área.*
Figura 5.20 *Distribución porcentual de COV´s en fuentes de área.*
Figura 5.21 *Flota vehicular del municipio de Puebla por categorías.*
Figura 5.22 *Distribución porcentual de contaminantes.*
Figura 5.23 *Distribución porcentual de PM 2.5 por categoría de vehículo.*
Figura 5.24 *Distribución porcentual de PM 10 en fuentes móviles.*
Figura 5.25 *Distribución porcentual de SO_2 en fuentes móviles.*
Figura 5.26 *Distribución porcentual de CO en fuentes móviles.*
Figura 5.27 *Distribución porcentual de NO_x en fuentes móviles.*
Figura 5.28 *Distribución porcentual de COV´s en fuentes móviles.*
Figura 5.29 *Distribución porcentual de NH_3 en fuentes móviles.*
Figura 5.30 *Emisiones totales por tipo de contaminante. (KTon/año)*
Figura 5.31 *Porcentaje de aportación por contaminante fuentes móviles.*
Figura 5.32 *Contaminación por fuente móvil.*
Figura 5.33 *Estaciones Climatológicas en operación.*
Figura 5.34 *Usos de suelo, Edo Puebla.*
Figura 5.35 *Cultivos del municipio de Puebla.*
Figura 5.36 *Uso de suelo municipio de Puebla.*
Figura 5.37 *Comportamiento anual Fuentes Naturales.*
Figura 5.38 *Fuentes naturales todo el año.*
Figura 5.39 *PM 2.5 y PM 10 municipio de Puebla Ton/Año.*
Figura 6.1 *Clasificación de Automóviles ligeros.*
Figura 6.2 *Clasificación de Camionetas.*
Figura 6.3 *Tipos de autobuses.*
Figura 6.4 *Tipos de microbuses.*
Figura 6.5 *Tipos de Camiones.*
Figura 6.6 *Tipos de motocicletas.*
Figura 6.7 *Total de vehículos automotores.*
Figura 6.8 *Porcentaje de vehículos por modelo.*
Figura 6.9 *Gráfica número de vehículos vs año modelo.*
Figura 6.10 *Antigüedad Promedio.*
Figura 6.11 *Puntos seleccionados para la estimación del aforo vehicular.*
Figura 6.12 *Puntos seleccionados para el conteo multipunto.*
Figura 6.13 *Esquema de la unidad semiautomática de conteo vehicular.*
Figura 6.14 *Unidades semiautomáticas.*
Figura 6.15 *Unidad de monitoreo de velocidad de circulación georreferenciada.*
Figura 6.16 *Unidad de monitoreo de velocidad de circulación basada en OBDII.*
Figura 6.17 *Aforo total diario en porcentaje desglosado por tipo de vehículo.*
Figura 6.18 *Aforo total diario en porcentaje desglosado por vialidad.*
Figura 6.19 *Aforo de autobuses por vialidad.*
Figura 6.20 *Aforo de camionetas por vialidad, considerando ambas direcciones.*
Figura 6.21 *Aforo de motocicletas por vialidad.*
Figura 6.22 *Aforo de automóviles ligeros por vialidad.*
Figura 6.23 *Aforo de microbuses por vialidad considerando ambas direcciones.*
Figura 6.24 *Aforo de camiones por vialidad considerando ambas direcciones.*
Figura 6.25 *Aforo diario para el Boulevard. 5 de Mayo.*
Figura 6.26 *Aforo diario para la Av. 16 de Septiembre desglosado por hora*
Figura 6.27 *Aforo diario para la Calzada Ignacio Zaragoza desglosado por hora*
Figura 6.28 *Aforo diario para el Boulevard. Atlixco.*
Figura 6.29 *Aforo diario para el Boulevard. Xonaca.*
Figura 6.30 *Aforo diario para el Boulevard. Valsequillo.*
Figura 6.31 *Aforo diario para el Boulevard. Hermanos Serdán.*
Figura 6.32 *Aforo diario para la Av. 31 Oriente-Poniente.*
Figura 6.33 *Aforo diario para la vía Atlixcáyotl.*
Figura 6.34 *Aforo diario para la Av. 14 Ote.-Independencia.*
Figura 6.35 *Aforo diario para la Prol. Reforma.*
Figura 6.36 *Aforo diario para el Periférico Ecológico.*
Figura 6.37 *Aforo diario para la Av. Carmen Serdán.*
Figura 6.38 *Aforo diario para la Av. Xonacatepec.*
Figura 6.39 *Aforo diario para la Av. 11 Norte-Sur.*
Figura 6.40 *Aforo total diario para las 15 vialidades.*
Figura 6.41 *Aforo fin de semana Av. 14 Ote.-Independencia y los bulevares.*
Figura 6.42 *Aforo fin de semana Periférico Ecológico, la Av. 31 Ote.-Pte.*
Figura 6.43 *Aforo total para el fin de semana desglosado por vialidad.*

Figura 6.44 *Aforo para el fin de semana por tipo de vehículo.*
Figura 6.44 *Aforo para el fin de semana por tipo de vehículo (continuación).*
Figura 6.45 *Aforo multipunto para el Boulevard. 5 de Mayo.*
Figura 6.46 *Aforo multipunto para la Av. 11 Norte-Sur.*
Figura 6.47 *Aforo multipunto para la Av. 16 de Septiembre.*
Figura 6.48 *Aforo multipunto para el Boulevard. Atlixco.*
Figura 6.49 *Aforo multipunto para la Prol. Reforma.*
Figura 6.50 *Aforo multipunto para el Boulevard. Valsequillo.*
Figura 6.51 *Aforo multipunto Av. 14 Ote. - Independencia.*
Figura 6.52 *Aforo multipunto Vía Atlixcáyotl..*
Figura 6.53 *Aforo multipunto Av. Carmen Serdán.*
Figura 6.54 *Aforo multipunto Av. Hermanos Serdán.*
Figura 6.55 *Aforo multipunto Periférico Ecológico.*
Figura 6.56 *Aforo multipunto Av. Xonacatepec.*
Figura 6.57 *Aforo multipunto Calzada Ignacio Zaragoza.*
Figura 6.58 *Aforo multipunto Boulevard. Xonaca.*
Figura 6.59 *Aforo multipunto 31 Ote-Pte.*
Figura 6.60 *Aforo multipunto para autobuses.*
Figura 6.61 *Aforo multipunto para automóviles ligeros.*
Figura 6.62 *Aforo multipunto para camiones.*
Figura 6.63 *Aforo multipunto para camionetas.*
Figura 6.64 *Aforo multipunto para microbuses.*
Figura 6.65 *Aforo multipunto para motocicletas.*
Figura 6.66 *Aforo multipunto para las seis categorías de vehículos.*
Figura 6.67 *Velocidad de circulación promedio en las 15 vialidades.*
Figura 6.68 *Porcentaje de tiempos muertos en las 15 vialidades.*
Figura 6.69 *Velocidad de circulación georreferenciada para las 15 vialidades.*
Figura 6.70 *Velocidad de circulación georreferenciada para las 15 vialidades.*
Figura 6.71 *Velocidad de circulación georreferenciada.*
Figura 6.72 *Velocidad de circulación georreferenciada.*
Figura 6.73 *Velocidad de circulación en el municipio de Puebla.*
Figura 6.74 *Puntos con una velocidad de circulación igual a 0 km/h.*
Figura 6.75 *Puntos con una velocidad de circulación entre 1 y 20 km/h.*
Figura 6.76 *Puntos con una velocidad de circulación entre 21 y 40 km/h.*
Figura 6.77 *Velocidad de circulación entre 41 y 60 km/h*
Figura 6.78 *Puntos con una velocidad de circulación entre 61 y 80 km/h.*
Figura 6.79 *Puntos con una velocidad de circulación entre 81 y 100 km/h.*
Figura 6.80 *Aforo anual, casetas, autopista México-Puebla año 2012.*
Figura 6.81 *Aforo anual, casetas autopista México-Puebla año 2013.*
Figura 6.82 *Aforo mensual diferentes casetas México-Puebla año 2012 y 2013.*
Figura 6.83 *Aforo diario diferentes casetas México-Puebla año 2013.*
Figura 7.1 *Foto de la acumulación de contaminantes en la ciudad de Puebla.*
Figura 7.2 *Composición del aire en porcentaje de volumen.*
Figura 7.3 *Emisión de contaminantes en la ciudad de Puebla.*
Figura 7.4 *Distribución de la radiación directa y difusa en la ciudad de Puebla.*
Figura 7.5 *Penetración de la radiación solar.*
Figura 7.6 *Emisiones y deposición de nitrógeno reactivo.*
Figura 7.7 *Cuenca atmosférica donde se ubica el valle de Puebla.*
Figura 7.8 *Captura de pantalla de una corrida del software de dispersión.*
Figura 7.9 *Cálculo de la concentración de contaminantes.*
Figura 7.10 *Dispersión de la contaminación atmosférica.*
Figura 7.11 *Dispersión de NO_x en el municipio de Puebla.*
Figura 8.1 *Cubierta forestal del municipio de Puebla.*
Figura 8.2 *Cartografía del municipio de Puebla.*

Listado de Tablas

Tabla 1.1 *Autopistas y carreteras en el municipio de Puebla.*

Tabla 1.2 *Población en el municipio de Puebla.*

Tabla 1.3 *Población en el municipio de Puebla.*

Tabla 2.1 *Balance energético municipal 2011, energía primaria en Petajoules.*

Tabla 2.2 *Balance energético municipal 2011, energía en Petajoules.*

Tabla 2.3 *Producción de energía primaria en petajoules.*

Tabla 2.4 *Producción municipal de energía.*

Tabla 2.5 *Consumo final total de energía en petajoules.*

Tabla 2.6 *Consumo energético en el sector industrial, en Petajoules.*

Tabla 2.7 *Procesos estatales de la electricidad en petajoules.*

Tabla 3.1 *Matriz de competencias aplicables en el municipio de Puebla.*

Tabla 4.1 *Datos contenidos en la encuesta.*

Tabla 4.2 *Control de calidad y validación de la base de datos.*

Tabla 5.1 *Contaminantes de origen natural.*

Tabla 5.2 *Inventario de emisiones por fuente.*

Tabla 5.3 *Inventario de emisiones fuentes fijas.*

Tabla 5.4 *Inventario de emisiones fuentes móviles.*

Tabla 5.5 *Inventario de emisiones fuentes de área.*

Tabla 5.6 *Inventario de emisiones fuentes naturales.*

Tabla 5.7 *Total Inventario de emisiones por categorías.*

Tabla 5.8 *Número de empresas por sector.*

Tabla 5.9 *Inventario de emisiones de fuentes fijas.*

Tabla 5.10 *Subcategorías de fuentes de área.*

Tabla 5.11 *Subcategorías de fuentes de área.*

Tabla 5.12 *Hospitales, deportivos y tintorerías.*

Tabla 5.13 *Consumo promedio de combustible en baños públicos.*

Tabla 5.14 *Consumo promedio anual de gas por panaderías.*

Tabla 5.15 *Inventario de emisiones de fuentes de área.*

Tabla 5.16 *Categorías del Mobile 6.2-Mexico.*

Tabla 5.17 *Contaminantes Mobile 6.2.*

Tabla 5.18 *Número de vehículos por clasificación municipio de Puebla 2011.*

Tabla 5.19 *Condiciones climatológicas el inventario de emisiones móviles.*

Tabla 5.20 *Condiciones geográficas en el inventario de emisiones móviles.*

Tabla 5.21 *Propiedad de los combustibles.*

Tabla 5.22 *Emisiones de fuentes móviles para el municipio de Puebla. (Ton/año).*

Tabla 5.23 *Resultados de contaminantes (Ton/año).*

Tabla 6.1 *Vialidades seleccionadas.*

Tabla 6.2 *Vialidades consideradas en el proyecto y sus direcciones correspondientes.*

Tabla 6.3 *Vialidades consideradas para el conteo sabatino.*

Tabla 6.4 *Aforo diario por vialidad, desglosado por tipo de vehículo.*

Tabla 6.5 *Aforo diario por vialidad desglosado por tipo de vehículo.*

Tabla 6.6 *Aforo para el fin de semana desglosado por vialidad y hora del día.*

Tabla 6.7 *Velocidad de circulación en 15 vialidades contempladas.*

Tabla 7.1 *Elementos de la dispersión atmosférica.*

Tabla 7.2 *Variables que intervienen en la dispersión atmosférica.*

Tabla 7.3 *Parámetros que influyen en el transporte de contaminantes a la atmósfera.*

Tabla 7.4 *Categorías de estabilidad atmosférica.*

Tabla 7.5 *Tipos de plumas.*

Tabla 8.1 *Factores de emisión calculados por giro y tipo de combustible.*

Tabla 8.2 *Factores de emisión de panadería que utilizan gas LP como combustible.*

Tabla 8.3 *Factores de emisión panadería con gas natural como combustible.*

Tabla 8.4 *Factores de emisión de panadería que utilizan leña como combustible.*

Tabla 8.5 *Factores de emisión de tortillería que utilizan gas LP como combustible.*

Tabla 8.6 *Factores de emisión tortillería que utilizan gas natural como combustible.*

Tabla 8.7 *Factores de emisión de tortillería que utilizan leña como combustible.*

Tabla 8.8 *Factores de emisión baños públicos, combustóleo como combustible.*

Tabla 8.9 *Factores de emisión baños públicos utilizan leña como combustible.*

Tabla 8.10 *Factores de emisión de viviendas que utilizan gas LP como combustible.*

Tabla 8.11 *Factores de emisión viviendas que utilizan gas natural como combustible.*

Tabla 8.12 *Factores de emisión de viviendas que utilizan leña como combustible.*

Acrónimos

ANAFAPYT: Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas

CANIMOLT: Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo

CAPU: Central de Autobuses de Puebla

CCA: Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte

CEEA: Centro de Estudios en Energía y Ambiente

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

CO: Monóxido de carbono

COA: Cédula de Operación Anual

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad

COV´s: Compuestos Orgánicos Volátiles

DENUE: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI

DIRCACC: Dirección de Calidad del Aire y Cambio Climático

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

GloBEIS3: Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, versión 3

GOT´s: Gases Orgánicos Totales

HMA: Mezcla Asfáltica Caliente (por sus siglas en inglés)

IMECA: Índice Metropolitano de Calidad del Aire

INAFED: Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

KRV: Kilómetros Recorridos por Vehículo

LF: Licencia de Funcionamiento

LGEEPA: Ley General Del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

MSNM: Metros sobre el nivel del mar

NH_3: Amoniaco

NO_x: Óxidos de nitrógeno

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

PBV: Peso Bruto Vehicular

PCB: Poder calorífico bruto

PCN: Poder calorífico neto

PGPB: PEMEX Gas y Petroquímica Básica

PM 10: Partículas de diámetro aerodinámico menor a 10 micras

PM 2.5: Partículas de diámetro aerodinámico menor a y 2.5

PPQ: PEMEX Petroquímica

PR: PEMEX Refinación

PROY-NOM: Proyecto de Norma Oficial Mexicana

RETC: Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

SCIAN: Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte

SDRSOT: Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial

SEGOB: Secretaría de Gobernación

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER: Secretaría de Energía

Shape: formato de software SIG que incluye atributos vectoriales.

SIEM: Sistema de Información empresarial Mexicano

SIG: Sistema de Información Geográfica

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

SO_2: Bióxido de azufre

SSAOT: Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial

TAR: Terminal de Almacenamiento y Reparto

TCEQ: Comisión para la Calidad Ambiental de Texas por sus siglas en ingles

US-EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (por sus siglas en ingles)

Bibliografía

- Abad-Camacho MT. *Estudio Evaluación de la morbilidad respiratoria en vendedores ambulantes de la Ciudad de Puebla,* Hospital Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014.
- Acquatella, J. *Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América Latina y el Caribe: desafíos y factores condicionante,* Santiago de Chile: CEPAL-PNUD, 2001.
- Aguilar, A. G. *Cambio climático, una visión desde México*, INE-SEMARNAT. México, DF., 2004.
- Ayala Espino, J. *Economía Pública*. México. UNAM-CFE, 1997.
- Balderas, G. D., Mayorga, R., Jáuregui, E,. *Patrones de viento y topografía local en la Ciudad de Puebla*, Presentado en: Congreso Internacional "Climatología Urbana, Contaminación Atmosférica y Bio-indicación", La Paz - Bolivia, Junio, 2014.
- Carral García. *Sitios urbanos en Puebla*. Tesis Licenciatura. Arquitectura, Departamento de Arquitectura, Escuela de Artes y Humanidades, Universidad de las Américas, Puebla, 2004.
- Cesar, H.; Borja, Cicero, V.H.; P. *Modulo A, Valoración Económica del Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*, 2001.
- Clean Air Institute. Puebla, 2013.
- Cmic. *Puebla, la cuarta zona más contaminada*, Delegación Puebla, 2014.
- Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios – COFEPRIS , *Primer Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental y Ocupacional*. México, D.F., 2002.
- Comisión Nacional del Agua. *Normales Climatológicas 1961–1990*. Banco Nacional de Datos Climatológicos, Unidad del Servicio Meteorológico Nacional., 2000.
- Contreras, A.M. *Hacia una gestión integral de la calidad del aire en México*, Dirección de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, SEMARNAT. México, 2008.
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, DGGCARETC.
- Echeverría Arzate. *Estudio Modelo de dispersión atmosférico*, Ingeniería Química, Universidad de las Américas, Puebla., s. f.
- Emisiones del sector energía con base en datos 2006.
- Fehsenfeld, F., J. Calvert, R. Fall, P. Goldan, A.B. Guenther, C.N. Hewitt, B. Lamb, S. Liu, M. Trainer, H. Westberg y P.R. Zimmerman, *Emission of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry*, Global Biogeochem. Cycles 6, 1992.
- Gobierno de Nuevo León, Redes de monitoreo ambiental, 2012.
- IEE, Sistema Estatal de Información Ambiental 2007.
- INDETEC, *Estimación de la pérdida de las cuotas de IEPS de gasolinas y diésel en 2012 para las entidades federativas*. Dirección de Política Fiscal y Prospectiva, 2010.
- INECC, *Cambio Climático en México*. Portal en internet por el Instituto Nacional de Ecología y en apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012.
- INECC, *Sistema Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) de Puebla*, Dirección general del centro nacional de investigación y capacitación ambiental. Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, 2013.
- INEGI, Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Con base en SEMARNAT, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Aguascalientes, Ags, 2012.
- INEM. *Inventario Nacional de Emisiones de México, 1999*, Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, 2009.
- International Agency for Research on Cancer, Press Release No. 208. Lyon, France, 2011.
- J. J. García Ramírez y S. Flores González, *Los Retos del Desarrollo Urbano y Regional en el siglo XXI*, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Primera Edición, México, 2005.
- Juárez, N. A. *¿Por qué medir la calidad del aire?*. Revista Elementos, No. 34. Vol. 6, 1999.
- Ley General de Cambio Climático, publicada en el Diario Oficial de la Federación, 2012.
- Mobile 6.2 -Mexico Documentation and User's Guide, Prepared for: Western Governors' Association, Denver, Colorado and Binational Advisory Committee November 20, 2000.
- Molina, M. Resumen Ejecutivo del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010, Massachussets Institute of Technology, 2000.
- Molina, T. L. *Cal-Mex 2010 Synthesis Report*. Molina Center for Energy and Environment, San Diego, CA. Junio, 2010.
- Norma Oficial Mexicana NOM-046-SEMARNAT-1993 que establece los niveles máximas permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de tritóxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfonico en fuentes fijas.
- Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
- Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
- Norma Oficial Mexicana NOM-097-SEMARNAT-1995, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.
- Norma Oficial Mexicana NOM-105-SEMARNAT-1996, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.
- Norma Oficial Mexicana NOM-123-SEMARNAT-1998, que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV´s), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.
- Organización Mundial de la Salud, OMS. Guías de Calidad del Aire, actualización mundial, Bonn Alemania, 2005.
- Secretaría de Energía SENER, Petróleos Mexicanos, gas y petroquímica básica, 2014.
- SEMARNAT-INE-CENICA, Primer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas. 1996.

- Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), Temas Ambientales: Zona Metropolitana del Valle de México, UNAM, México, D.F., 1996.
- Radian International, Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Sacramento, CA. 1997.
- Rasmussen, R.A., and Went, F.W. *Volatile organic material of plant origin in the atmosphere*. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 53, 1965.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de Puebla, Dirección de Ingeniería del Transporte.
- Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Puebla; Base de datos, 2012.
- Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable, Estimaciones del modelo SIREM municipal de acuerdo a censos económicos INEGI, 2013.
- Secretaría de Finanzas Y Administración del Gobierno del Estado de Puebla. SFA Base de datos, 2010.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Baja California. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire, de la Zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito 2012-2020,* 2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Nuevo León. *Programa para mejorar la calidad de aire del área metropolitana de Monterrey 2008-2012,* 2008.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Morelos. *Programa de gestión para el mejoramiento de la calidad de aire de la zona metropolitana de Cuernavaca 2009-2012,* 2009.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012- 2020 del Estado de Puebla*, 2012
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 2006-2012,* 2006.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012*, 2007.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en León 2008-2012,* 2008.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de Salamanca, Celaya e Irapuato 2013-2022,* 2013.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de México. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire Valle de Toluca 2012-2017,* 2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Puebla. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Puebla 2006-2011,* 2006.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Guanajuato. *Programa De Gestión Para Mejorar La Calidad Del Aire En La Zona Metropolitana De León 2013—2022.Purísima y San Francisco del Rincón- Silao,* 2013.
- Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011,* 2007.
- SEMARNAP, *Gestión Ambiental Hacia la Industria, Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995-2000*, México. 2000
- SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología. *Guía de elaboración y usos del inventario de emisiones.* Western Governors Association, 2005.
- Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), 2007.
- Tovalín Horacio, Tesis de Doctoral, University of Texas School of Public Health.
- Universidad Autónoma de Tlaxcala, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Volumen 16, Número 4, 2000.
- US Environmental Protection Agency. T*ransportation and Air Quality, Modeling and Inventories,* 2010.
- Wark, K., Warner, C. F. *Contaminación del Aire Origen y Control*. Limusa Noriega, Eds. México D. F., 1994.
- WHO. *Analysing and Interpretation Air Monitoring Data*. World Health Organization. WHO Offset Publication No. 51. Geneva. Switlzerland, 1980.
- Wöhrnschimmel H. *Evaluación de la Exposición Personal a Contaminantes Atmosféricos en Pasajeros de Vehículos de Transporte Público*. México, D.F., 2004.

Sitios web consultados

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/6_ProAire%20AMM%202008-2012.pdf, fecha de consulta: 14 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/7_ProAire%20ZMC%202009-2012.pdf, fecha de consulta: 22 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire.

http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/

http://www.epa.gov/mobile.htm, fecha de consulta: 28 de abril de 2014.

http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/consultaspublicas/Documents/pecc/

http://sissao.semarnat.gob.mx, fecha de consulta: 13 de mayo de 2014.

http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/489/inventario.pdf

www.e-local.com, fecha de consulta: 25 de junio de 2014.

http://www.conapo.gob.mx/micros/proymunloc/index.html

http://www.arpansa.gov.au/pubs/comment/dr_elf_childhood_leukaemia.pdf.

http://maps.grida.no/go/graphic/greenhouse-effect.

http://www.indetec.gob.mx/cpff/politica/Comparativo _P%C3%A9rdida_IEPS_Gasolinas.pdf

http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/ Acceso

http://www.epa.gov/ttncatc1/cica/help/haqshaps_s.html

http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/queeselcc/comoseproduceelcc.html

http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/qpodemoshacerparamitigar/comoindividuos.html

http://www.iarc.fr/ENG/Press_Releases/archives/pr136a.html

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf

http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/06:atmosfera/cap6_3.html.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/05_atmosfera/cap5_3.html.

http://www.newscientist.com/article/mg21428600.200-no-need-to-waitfor-the-clean-air-dividend.html.

http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2012/02/184055.html.

http://www.seicap.es/polenes.asp.

http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/paginas/ProtocolodeMontreal.aspx.

http://sissao.semarnat.gob.mx/sisao/p4.html.

http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/

http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/allprimarymainfeatures/2FEC26084579A43BCA2571E1001E7F28?opendocument.

http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3.

http://data.worldbank.org/indicator/IS.ROD.SGAS.PC/countries/1W?display=graph.

http://www.lta.gov.sg/corp_info/index_corp_facts.htm.

http://www.ieej.or.jp/aperc/2007pdf/2007_Reports/APERC_2007_Urban_Transport.pdf.

http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=133&Itemid=212

http://www.setravi.df.gob.mx/wb/stv/programa_integral_de_transportes_y_vialidad.

http://www.censtatd.gov.hk/hong_kong_statistics/statistics_by_subject/index.jsp?subjectID=10&charsetID=1&displayMode=T

http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?action=select_countries&theme=6&variable_ID=290

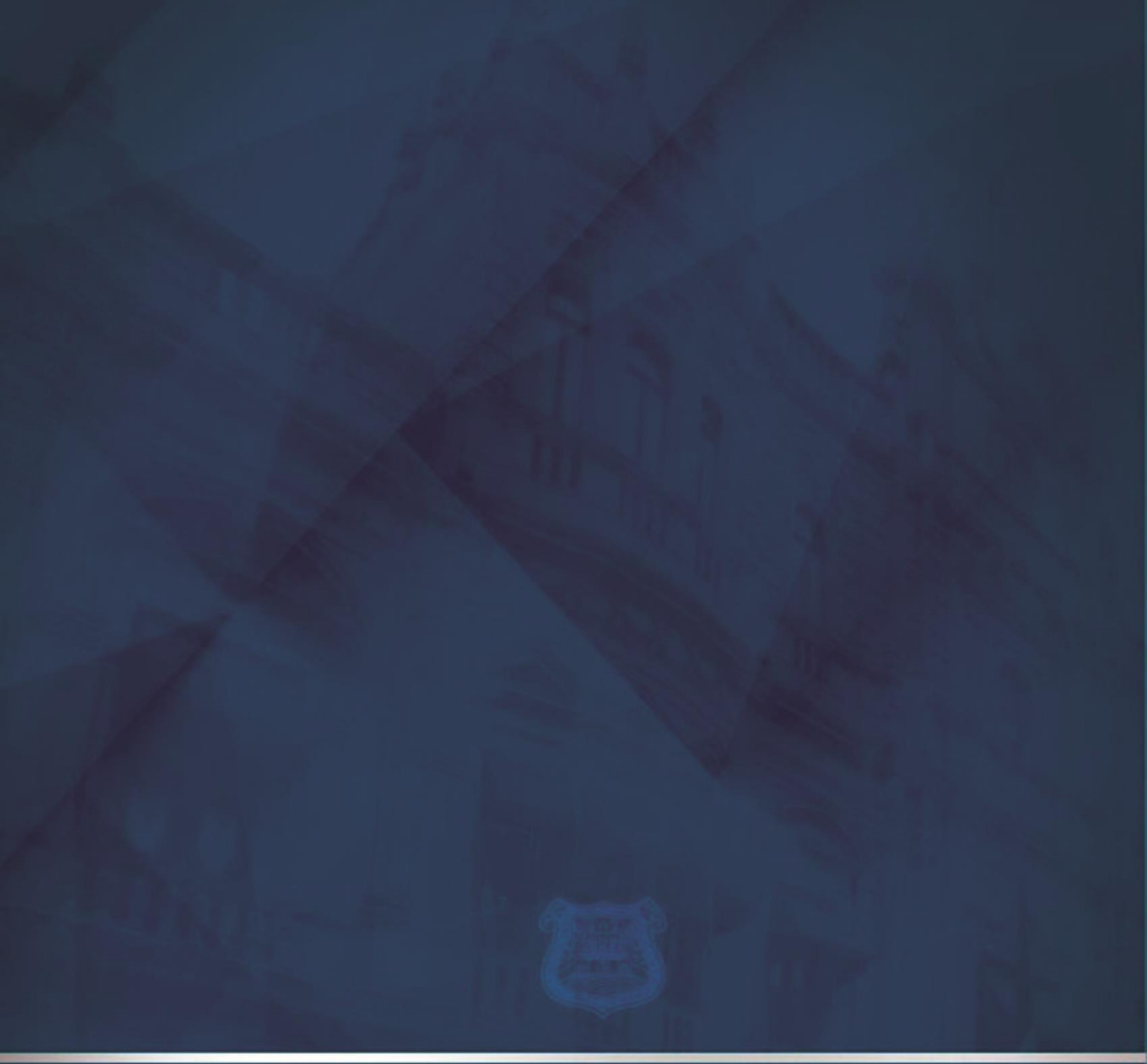
http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/calidadaire/libro_zml.pdf

http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/calidadaire/proaire_salamanca-celaya-_irapuato_2013_2022.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/ProAire%20ZMT2.pdf.

http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/ProAire%20Puebla2.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/ProAire%20Mexicali%202011-2020.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/6_ProAire%20AMM%202008-2012.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/7_ProAire%20ZMC%202009-2012.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/4_ProAire%20Salamanca%202007-2012.pdf.
http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/2_ProAire%20Ciudad%20Ju%C3%A1rez%202006-2012.pdf.
http://www.conapo.gob.mx/
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones.
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Delimitacion_de_Zonas_Metropolitanas.
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010.
http://www.pueblacapital.gob.mx/
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=21
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/clima.aspx?tema=me&e=21
http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/territorio/default.aspx?tema=me&e=21
http://www.municipiospuebla.com.mx/
http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/index.html
http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/estadistica/default.aspx
http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/noms
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/NOM-105.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/NOM-043OK.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO3239.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DO3098.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2298.pdf
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/NOM-123.pdf
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-fuentesmoviles
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO2977.pdf
http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-impacto
http://www.inecc.gob.mx/
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=416
http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx



SEMARNAT

PUEBLA

PUEBLA

Ciudad de Progreso

www.**Pueblacapital**.gob.mx

@PueblaAyto H. Ayuntamiento de Puebla