



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**División Académica de Ciencias Biológicas**



**“EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DEBIDAS A  
FUENTES DE ÁREA POR ACTIVIDADES COMERCIALES Y SERVICIOS  
EN EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO”**

**Trabajo recepcional, en la modalidad de:**

**Tesis**

**Para obtener el título en:**

**Licenciatura en Ingeniería Ambiental**

**Presenta:**

**Ever Soto Castellanos**

**Director:**

**Misa. Elizabeth Magaña Villegas**

**Villahermosa, Tabasco, México**

**Marzo, 2019**

# Emisiones De Gases Efecto Invernadero Debidas A Fuentes De Área Por Actividades Comerciales Y Servicios En El Municipio De Centro, Tabasco

Por Ever Soto Castellanos

---

CANTIDAD DE PALABRAS 22255

HORA DE ENTREGA

30-JUN-2025 03:42P. M.

NÚMERO DE  
IDENTIFICACIÓN DEL  
TRABAJO

116998653

# Emisiones De Gases Efecto Invernadero Debidas A Fuentes De Área Por Actividades Comerciales Y Servicios En El Municipio De Centro, Tabasco

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

ÍNDICE DE SIMILITUD

## FUENTES PRIMARIAS

|   |                                                |                     |
|---|------------------------------------------------|---------------------|
| 1 | <a href="#">ambiental.unam.mx</a><br>Internet  | 408 palabras — 2%   |
| 2 | <a href="#">documentop.com</a><br>Internet     | 167 palabras — 1%   |
| 3 | <a href="#">tabasco.gob.mx</a><br>Internet     | 104 palabras — < 1% |
| 4 | <a href="#">docslib.org</a><br>Internet        | 61 palabras — < 1%  |
| 5 | <a href="#">cdn.www.gob.pe</a><br>Internet     | 48 palabras — < 1%  |
| 6 | <a href="#">es.wikipedia.org</a><br>Internet   | 47 palabras — < 1%  |
| 7 | <a href="#">mafiadoc.com</a><br>Internet       | 44 palabras — < 1%  |
| 8 | <a href="#">www.bvsde.paho.org</a><br>Internet | 44 palabras — < 1%  |
| 9 | <a href="#">mx0.cdredd.org</a><br>Internet     | 41 palabras — < 1%  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 10 | <a href="https://repositorio.tec.mx">repositorio.tec.mx</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                   | 40 palabras — < 1 % |
| 11 | (7-7-14)<br><a href="http://201.245.192.252/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&amp;groupId=55886">http://201.245.192.252/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&amp;groupId=55886</a><br>Internet | 35 palabras — < 1 % |
| 12 | <a href="http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar">aplicaciones.medioambiente.gov.ar</a><br>Internet                                                                                                                                                                      | 30 palabras — < 1 % |
| 13 | <a href="http://www.gob.mx">www.gob.mx</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                                    | 30 palabras — < 1 % |
| 14 | <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                    | 29 palabras — < 1 % |
| 15 | <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                                | 23 palabras — < 1 % |
| 16 | Emily Quecke, Bernadette Quemerais, Zaher Hashisho. "Review of welding fume emission factor development", Annals of Work Exposures and Health, 2023<br>Crossref                                                                                                           | 21 palabras — < 1 % |
| 17 | <a href="http://pdfcookie.com">pdfcookie.com</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                              | 21 palabras — < 1 % |
| 18 | <a href="http://www.teorema.com.mx">www.teorema.com.mx</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                    | 21 palabras — < 1 % |
| 19 | <a href="http://maestros.its.mx">maestros.its.mx</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                          | 18 palabras — < 1 % |

|    |                                                                                            |                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 20 | <a href="http://monografias.ufma.br">monografias.ufma.br</a><br>Internet                   | 18 palabras — < 1 % |
| 21 | <a href="http://quivera.uaemex.mx">quivera.uaemex.mx</a><br>Internet                       | 18 palabras — < 1 % |
| 22 | <a href="http://www.industrias-alka.com">www.industrias-alka.com</a><br>Internet           | 18 palabras — < 1 % |
| 23 | <a href="http://fddocuments.ec">fddocuments.ec</a><br>Internet                             | 17 palabras — < 1 % |
| 24 | <a href="http://repositorio.ulead.edu.ec">repositorio.ulead.edu.ec</a><br>Internet         | 17 palabras — < 1 % |
| 25 | <a href="http://revistas.unsaac.edu.pe">revistas.unsaac.edu.pe</a><br>Internet             | 17 palabras — < 1 % |
| 26 | <a href="http://transparencia.tabasco.gob.mx">transparencia.tabasco.gob.mx</a><br>Internet | 17 palabras — < 1 % |
| 27 | <a href="http://img1.wsimg.com">img1.wsimg.com</a><br>Internet                             | 16 palabras — < 1 % |
| 28 | <a href="http://fddocuments.net">fddocuments.net</a><br>Internet                           | 15 palabras — < 1 % |
| 29 | <a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a><br>Internet                     | 15 palabras — < 1 % |

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 15 PALABRAS



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCION

MARZO 11 DE 2019

**C. EVER SOTO CASTELLANOS**  
**PAS. DE LA LIC. EN ING. AMBIENTAL**  
**P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DEBIDAS A FUENTES DE ÁREA POR ACTIVIDADES COMERCIALES Y SERVICIOS EN EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO"**, asesorado por la MISA. Elizabeth Magaña Villegas y sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por la Dra. Liliana Pampillón González, Dr. Arturo Valdés Manzanilla, MISA. Elizabeth Magaña Villegas, MIPA. Sergio Ramos Herrera y Dr. Gaspar Lopez Ocaña.

**A T E N T A M E N T E**  
**ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ**  
**DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
Archivo.

UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis denominado: **"EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DEBIDAS A FUENTES DE ÁREA POR ACTIVIDADES COMERCIALES Y SERVICIOS EN EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 11 de Marzo de 2019

**AUTORIZO**



---

**EVER SOTO CASTELLANOS**

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                                          | 4  |
| ABSTRACT .....                                                                                         | 5  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                                                                   | 6  |
| 2. ANTECEDENTES .....                                                                                  | 10 |
| 2.1 MARCO REFERENCIAL .....                                                                            | 10 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL.....                                                                              | 13 |
| 2.2.1 Contaminación atmosférica y las fuentes que la generan .....                                     | 13 |
| 2.2.2 Elementos para elaborar un IE .....                                                              | 14 |
| 2.2.3 Incertidumbre.....                                                                               | 20 |
| 2.2.4 Sectores económicos y categorías de análisis.....                                                | 21 |
| 2.2.4.1 Cafeterías, fuentes de soda y similares.....                                                   | 22 |
| 2.2.4.2 Hotelería.....                                                                                 | 22 |
| 2.2.4.3 Restaurantes .....                                                                             | 22 |
| 2.2.4.4 Servicios funerarios .....                                                                     | 23 |
| 2.2.4.5 Talleres .....                                                                                 | 23 |
| 3 OBJETIVO GENERAL .....                                                                               | 26 |
| 3.1 OBJETIVO ESPECIFICO.....                                                                           | 26 |
| 4 METODOLOGÍA .....                                                                                    | 27 |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDIO .....                                                                              | 27 |
| 4.2 SITIOS DE INTERÉS PARA EL ESTUDIO.....                                                             | 29 |
| 4.2.1 Aseguramiento de la información.....                                                             | 29 |
| 4.2.2 Selección de factores de emisión .....                                                           | 30 |
| 4.3 ESTIMACIÓN DE EMISIÓN DE GEI .....                                                                 | 33 |
| 4.4 CLASIFICACIÓN DE LAS EMISIONES POR TIPO DE PROCESO Y SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL .....                | 35 |
| 4.4.1 Procedimiento de estimación de emisiones .....                                                   | 37 |
| 4.4.2 Procedimiento para servicios funerarios.....                                                     | 39 |
| 4.4.3 Estimación para talleres de reparación mecánica automotriz en sistemas a gasolina y diésel ..... | 40 |
| 4.4.4 Procedimientos para talleres con uso de soldadura .....                                          | 41 |
| 4.5 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE .....                                                                     | 42 |
| 4.6 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL .....                                                  | 46 |
| 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                         | 47 |
| 5.1 RESULTADO DE LAS EMISIONES DE GEI DERIVADAS DEL USO DE GLP Y CARBÓN .....                          | 47 |
| 5.2 RESULTADOS CATEGORÍA TALLERES MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.....                                        | 50 |
| 5.3 RESULTADOS CATEGORÍA TALLERES CON USO SOLDADURA .....                                              | 50 |
| 5.4 RESULTADO OTROS GASES CONTAMINANTES PARA GLP .....                                                 | 53 |
| 5.5 RESULTADO OTROS GASES CONTAMINANTES PARA CARBÓN .....                                              | 53 |
| 5.6 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE MAYOR EMISIÓN.....                                                      | 54 |
| 5.7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE ZONAS DE MAYOR EMISIÓN CONTRA ZONAS ESCOLARES.....                         | 57 |
| 5.7.1 Análisis emisión de CO y su relación con las cercanías a escuelas.....                           | 57 |
| 5.7.2 Análisis emisión NO <sub>x</sub> y su relación con las cercanías a escuelas .....                | 61 |
| 5.7.3 Análisis emisión TOC y su relación con las cercanías a escuelas .....                            | 64 |
| 5.7.4 Análisis emisión SO <sub>x</sub> y su relación con las cercanías a escuelas .....                | 69 |
| 5.8 DISCUSIÓN .....                                                                                    | 74 |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>6. CONCLUSIÓN.....</b>  | <b>76</b> |
| <b>7. ANEXO A.....</b>     | <b>78</b> |
| <b>8. REFERENCIAS.....</b> | <b>79</b> |

## INDICÉ DE FIGURAS

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. NIVEL DE DETALLE PARA FUENTE FIJA .....                                                              | 15 |
| FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES COMERCIALES EN MUNICIPIO DE CENTRO .....                                | 22 |
| FIGURA 3. MAPA VISTA SATELITAL MUNICIPIO DE CENTRO .....                                                       | 28 |
| FIGURA 4. MAPA VISTA AÉREA DEL MUNICIPIO DE CENTRO .....                                                       | 28 |
| FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS DEL MUNICIPIO DE CENTRO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO.....   | 55 |
| FIGURA 6. ANÁLISIS DE TRANSPORTE DE EMISIONES CON ROSA DE VIENTOS CORRESPONDIENTE AL MUNICIPIO DE CENTRO ..... | 56 |
| FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES GLOBALES CORRESPONDIENTES A CO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO .....     | 57 |
| FIGURA 8. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES GLOBALES DE CO Y LA INFLUENCIA DE LA ROSA DE VIENTOS.....      | 58 |
| FIGURA 9. ESCUELAS DISTRIBUIDAS EN LA PORCIÓN CENTRAL DEL MUNICIPIO DE CENTRO .....                            | 59 |
| FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DE ESCUELAS VERSUS DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES A LAS QUE ESTÁN EXPUESTAS .....       | 60 |
| FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES NOX CORRESPONDIENTE AL 17 DE AGOSTO AL 17 DE SEPTIEMBRE DE 2017 .....     | 61 |
| FIGURA 12. ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE VIENTOS EN EL TRANSPORTE DE EMISIONES .....                               | 62 |
| FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE ESCUELAS CON RESPECTO A LAS EMISIONES MENSUALES DE NOX .....                        | 63 |
| FIGURA 14. AMPLIACIÓN LA PRESENCIA DE ESCUELAS CON RESPECTO A LAS ÁREAS DE MAYOR EMISIÓN EN LA FIGURA 13 ..... | 64 |
| FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES GLOBALES TOC EN TONELADAS AL MES DEL MUNICIPIO DE CENTRO.....         | 65 |
| FIGURA 16. EMISIONES GLOBALES E INFLUENCIA DE LOS VIENTOS EN EL TRANSPORTE DE EMISIONES .....                  | 66 |
| FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESCUELA PÚBLICAS Y PRIVADAS.....                                                | 67 |
| FIGURA 18. ESCUELAS DEL MUNICIPIO DE CENTRO DISTRIBUIDAS EN LA PORCIÓN CENTRAL DEL MUNICIPIO .....             | 68 |
| FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES EN LA ENTIDAD .....                                                   | 70 |
| FIGURA 20. COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES Y ROSA DE VIENTOS .....                                                | 71 |
| FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESCUELAS DE NIVEL PREESCOLAR A SECUNDARIA DEL MUNICIPIO DE CENTRO.....          | 72 |
| FIGURA 22. ACERCAMIENTO DE LA SECCIÓN CENTRAL, MUESTRA LAS EMISIONES SOX CON RESPECTO A LAS ESCUELAS.....      | 73 |

## Resumen

La intención de este documento es complementar la información de inventarios de emisiones del municipio de Centro. La cuantificación de las emisiones, nivel uno, generadas por los sectores secundarios y terciarios, motivo para estimar la aportación que se emiten a la atmósfera durante el periodo del 17 de agosto a 17 de septiembre de 2017. Las emisiones registradas comprenden emisiones debido a uso de Gas Licuado del Petróleo (GLP), Carbón, Gasolina y Diésel. Para realizar dicha cuantificación se construyó una base de datos con 4,571 sitios, organizados en 5 categorías: Cafetería, Hotelería, Restaurantes, Servicios y Talleres (automotriz y soldadura) de las cuales cada categoría tiene una proporción del 5.2%, 3.6%, 67.2%, 5%, 13% y 6% respectivamente.

La generación de emisión para cada categoría con la incertidumbre asociada fue de  $42.54 \pm 9.32$  Ton CO<sub>2</sub> eq para cafetería,  $80.62 \pm 16.60$  Ton CO<sub>2</sub> eq para hotelería,  $1,541.52 \pm 313.38$  TonCO<sub>2</sub>e para restaurante,  $101.85 \pm 21.55$  Ton CO<sub>2</sub> eq para servicio y para talleres una emisión de  $219,424.97 \pm 57,050.49$  Ton CO<sub>2</sub> eq, alcanzando un total global de Gases efecto Invernadero (GEI) de 221,191.50 Ton CO<sub>2</sub> eq. Las emisiones resultantes fueron calculadas de acuerdo a factores de emisión, propiedades específicas de cada combustible y considerando el potencial de calentamiento global, todos los cálculos fueron con apego a metodología propuesta por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en ingles), el porcentaje de incertidumbre global fue de 26%, considerando GEI.

Los gases registrados fueron procesados en mapas de emisión con el software Surfer versión 15 y exportados en la plataforma Google Earth Pro, la información recabada fue asociada al área de emisión de los sitios; los datos se relacionaron con la información meteorológica proveída por la estación ubicada dentro del municipio del Centro, para generar rosas de viento con el software WRPLOT.

Finalmente se asociaron las fuentes emisoras con la presencia de escuelas de nivel básico en municipio de Centro, asociando si estas se encuentran dentro de áreas con altas emisiones, considerando que los más sensibles son los infantes entre los rangos de 3 – 6 años y 6 – 12 años de edad.

## Abstract

The aim of this research was to complement the municipality inventory of greenhouse gas emission related to secondary and tertiary productive sectors. In this respect, emission derived from the use of Liquefied Petroleum, Coal, Gasoline and Diesel Gas were calculated employing a standard methodology according to emission factors, specific properties of each studied fuel and considering Global Potential Warming (GPW), proposed by the Environmental Protection Agency (2006).

The period of evaluation comprised from August 17th to September 17th, in 2017. Considering this time, a database of 4,571 sites was built in order to perform the emission quantification grouped by 5 categories: cafeterias, hotels, restaurants, services and garages (automotive and welding), in a proportion of 5.2%, 3.6 %, 67.2 %, 5 %, 13 % and 6 % respectively. The calculated emissions with associated uncertainties calculated were  $(42.54 \pm 9.32, 80.62 \pm 16.60, 1,541.53 \pm 313.38, 101.85 \pm 21.55, 219,424.97 \pm 57,050.49)$  TonCO<sub>2</sub>e for cafeteria, hotels, restaurants, service and garages, respectively, for a total emission of 221, 191.50 TonCO<sub>2</sub>e, reaching an uncertainty of 26% considering only greenhouse gases.

The resulting emissions were processed into emission maps using the Surfer software version 15 and exported on the Google Earth Pro platform. The calculated emissions from the different establishments were associated with data of the area of emission, winds through rose winds, the weather information from a Local meteorology station, and processed with software WRPLOT.

Finally, in order to analyze the influence of these sources of emissions in relation with the schools located in the studied area, an association analysis was made employing the amounts and sites of emission with the presence of pre-school level schools up to the secondary level, considering public and private sectors. It was revealed that the most sensitive areas (with possible high emission), included schools for infants between the ages of 3 - 6 years and 6 - 12 years old. This last is consider a very vulnerable sector of the society.

## 1. Introducción

La contaminación atmosférica es una de las condiciones ambientales más preocupantes y con severas repercusiones. El cambio climático, que se experimenta en los distintos continentes (africano, americano, asiático, europeo y australiano) y en los polos (antártico y ártico) es resultado de esos efectos. Una de las consecuencias más evidente de este fenómeno es el impacto en el aumento de la temperatura, cuyo incremento afecta la disponibilidad de agua, situación que se presenta en África dificultando el acceso al líquido, además la reducción de las zonas de cultivo se verá afectada y por consecuencia la escasez de alimento (IPCC, 2014).

En el continente americano, la pérdida de los bosques y las selvas por la disminución de aguas subterráneas y el aumento de la temperatura ocasionará que lentamente los bosques se conviertan en sabanas; la pérdida de especies vegetales y animales es otro alcance de la devastación, sucesos estimados a corto plazo (2030 a 2040) con un riesgo y potencial de adaptación en un nivel moderado – alto, respectivamente (IPCC, 2014).

Para el continente asiático el derretimiento de los glaciares causará inundaciones seguido de sequías intensas, golpeando principalmente los asentamientos en las márgenes de los ríos. Una de las características del continente es que los asentamientos son densamente poblados y tienen un alto riesgo de brotes epidemiológicos producto de las inundaciones y sequías, los eventos climatológicos cada vez más intensos y frecuentes exponen a las poblaciones a riesgos y medidas de adaptación a corto plazo, es decir de 2030 a 2040 el riesgo será bajo con adaptación media a los acontecimientos, de acuerdo a la exposición y preparación de las poblaciones (IPCC, 2014).

El efecto climático que se observa es producto, principalmente, de la actividad antropogénica por lo que es indispensable sus estudios a través del diagnóstico y evaluación de las emisiones a la atmósfera. Una de estas formas de estudio más comunes es a través del inventario de emisiones (IE). El IE, es un instrumento que

tiene la finalidad de conocer las fuentes emisoras de contaminantes de acuerdo con su tipo y cantidad de gases emitidos (SEMARNAT, 2013).

En México, se han realizado ejercicios de IE desde la década de los 90's; en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (INEGEI) de 2002 con año base 1990, comprendiendo un periodo de 1990 – 2002, se presentan las emisiones de cinco de las seis fuentes y sumideros de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) incluidos en el anexo A del protocolo de Kioto (INEGEI, 2006). Por primera vez se incluyen los gases fluorados (halocarbonos y hexafluoruro de azufre) dentro de la categoría de procesos industriales y categoría de solventes, por lo que este inventario fue uno de los más detallados realizados hasta la fecha. Los resultados muestran estimaciones totales de 643,183 GgCO<sub>2</sub>eq que corresponden a las siguientes categorías, energía con 61%, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS) con 14%, desechos con 10%, procesos industriales con 8% y finalmente agricultura con el 7% (INEGEI, 2006).

El INEGEI de 2010 obtuvo como resultado 748 millones tCO<sub>2</sub>eq, lo que indica un aumento de 33.4% con respecto al año base 1990, con tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5% (INEGEI, 2013).

El gobierno de Tabasco presentó en octubre de 2011, el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) con línea base en 2005, para sustentar las políticas públicas y acciones relacionadas al cambio climático, además de conformar un elemento importante de la ruta crítica para la política de cambio climático en México e identificar acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI. En dicho documento se reporta que en el periodo 2005, 2008 y 2009 se alcanzó una emisión 19,801.85Gg, 23,315.72 Gg y 21,051.63 Gg, respectivamente. Dichas emisiones están conformadas por los sectores de energía, fuentes móviles, residencial/comercial. Por último el sector procesos industriales y emisiones de metano reportó 1,879.94 Gg en el año 2005, 1,949 Gg durante el período 2006-2007, para el año 2008 se reportaron 2,292.72 Gg correspondiente al sector desechos, las emisiones de otros gases en el sector industrial (uso de energía)

reportado por las cédulas de operación anual (COA's) con 4,593.35 ton CO<sub>2</sub>, 4,368.89 ton COV's, 8,473.40 ton SO<sub>x</sub>, 4,073.74 ton NO<sub>x</sub>, 4.663.30 ton CO y fuentes móviles 3,027.24 ton CO<sub>2</sub>, 5.1 ton COV's, 35.33 ton NO<sub>x</sub>, 31.86 ton CO. (PEACCETAB, 2011). Así mismo, en febrero de 2018, el gobierno del estado a través de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) presentó el programa "ProAire", en el que se establecen 15 medidas que tienen el objetivo de ir disminuyendo paulatinamente los niveles de emisión de contaminantes en fuentes específicas hasta lograr una mejora de la calidad del aire en la región y con ello abatir los niveles de exposición de la población a los diferentes contaminantes atmosféricos, con los consecuentes beneficios económicos y a la salud. Las estrategias establecidas en el ProAire Tabasco 2018-2017, se basaron en datos de calidad del aire y de emisiones.

La preocupación de los niveles de contaminación no solo es responsabilidad gubernamental sino de la población en general, es por ello se han llevado a cabo investigaciones para determinar los niveles de contaminantes y sus aportaciones a la atmósfera. Tal es el caso del estudio realizado por García de la Cruz (2013) para estimar las emisiones de las fuentes fijas no reguladas de la ciudad de Villahermosa. Para este estudio se consideraron establecimientos de panaderías, tortillerías, asadoras de pollos, hoteles, restaurantes y supermercados mismos que arrojaron una aportación máxima diaria de CO, 18.168 Kg, 0.330 Kg, 9.232 Kg, 428.36 Kg, 474.28 Kg y 506.24 Kg, respectivamente para cada establecimiento y esto en conjunto arroja una emisión diaria de 1436.61 Kg de CO<sub>2</sub>e al día (García de la Cruz, 2013).

Sin embargo, no se cuenta con información específica de los gases de efecto invernadero (GEI) de las fuentes de área, información que la presente investigación aporta, tomando en cuenta las actividades comerciales y de servicio, pertenecientes al sector secundario y terciario, respectivamente. En este contexto, el propósito de esta investigación es estimar las emisiones generadas en el municipio de Centro de algunos gases como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Compuestos orgánicos Totales (TOC), Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) derivadas de fuente fijas no

reguladas, el cual se realizará con base a factores de emisión publicados en listados de la Agencia de Protección Ambiental (US - EPA).

Los sitios de estudio abarcan un total de 4,571 establecimientos. Para ello, se hizo la recopilación de información de los establecimientos a evaluar, considerando los servicios de sector restaurante, hotelero, servicios de comida, funerario en la actividad de cremaciones, talleres de hojalatería y pintura, talleres de torno y soldadura finalizando con talleres de reparación automotriz para sistemas a gasolina y sistemas a diésel. Los detalles recabados para cada una de las actividades comerciales se obtuvieron del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) a través del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en su página web versión beta para su nuevo sitio.

Para el análisis cualitativo de las emisiones resultantes, se obtuvieron mapas de emisión, que fueron importados al entorno Google Earth Pro. Para examinar las emisiones y observar áreas específicas de cada tipo de actividad comercial. Debido a que otro punto importante es la vulnerabilidad de la población escolar, específicamente, preescolar, primaria, secundaria.

Se reunieron datos de la estación meteorológica ubicada dentro de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, para observar el destino preponderante que tienen dichas emisiones y asociar con la ubicación de las escuelas.

Se observa que de acuerdo a la distribución proporcional de los Restaurantes 67.2%, y talleres de reparación automotriz 13% son los establecimientos que generan más emisiones.

## **2. Antecedentes**

En este capítulo se presentan los principales estudios de emisiones que se han realizado en el país y en nuestro estado. Así mismo, se muestran las bases metodológicas y conceptuales para la realización de inventarios de emisiones.

### **2.1 Marco referencial**

El aumento gradual de la actividad humana en los últimos 50 años es causado en gran medida por el uso de combustibles fósiles que libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y otros gases que tienen la capacidad de retener cada vez más calor en las capas más cercanas a la superficie terrestre causando una alteración del clima a nivel global (OMS, 2016).

En los últimos 130 años, el planeta incrementó su temperatura aproximadamente 0.85°C cada año. Sin embargo, en los últimos 30 años cada década es más cálida que cualquier década precedente, por lo que el nivel del mar está en aumento por el derretimiento de los glaciares provocando que los fenómenos meteorológicos sean cada vez más violentos y frecuentes (OMS, 2016). En nuestro país, se han realizado varios ejercicios para estimar la emisión de GEI y establecer medidas de mitigación. De acuerdo con las evaluaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el aumento de los GEI se debe principalmente a la actividad antropogénica.

El incremento de la productividad obrera y los quehaceres cotidianos para el periodo de un año aportan una cantidad significativa de GEI de acuerdo con Cruz (2016), quien desarrollo el estudio de “Emisiones de CO<sub>2</sub> en hogares urbanos” en el Distrito federal, basado en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (INEGI, 2009). Esta investigación compara las emisiones reportadas del inventario nacional 2008 para el sector energía. El resultado presentado en inventario nacional en 2008 arroja una generación per cápita de CO<sub>2</sub> de 203 Kg al año por uso de combustible en hogares en comparación con los resultados arrojados por Cruz (2016), quien presenta que cada miembro del hogar emite una cantidad de 555.3 Kg de CO<sub>2</sub>, dato considerando el uso de electricidad; por lo tanto refleja una emisión de 265.5 Kg per cápita al año para combustible únicamente, es decir 30% más

reportado en el inventario nacional con respecto a la información presentada por Cruz Islas (2016).

Sinaloa tomó como año base el 2005 y a la vez analizó el año 2008, planificó estrategias apropiadas para los problemas identificados durante el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, este se clasificó por categorías y se estimó las emisiones antropogénicas de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ), y Óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dentro del inventario se evaluó el sector energía, procesos industriales, agricultura, uso de suelo, cambio de suelo y silvicultura, por último sector desechos. El resultado en la categoría desechos van en aumento, en los años estudiados, a pesar de los esfuerzos realizados para desarrollar la infraestructura sanitaria, tanto en residuos sólidos como en aguas residuales arroja que en 2005 se emitieron 88.593 Gg  $\text{CH}_4$ /año; por lo tanto para 2008 se presentó una emisión total de 159.181 Gg  $\text{CH}_4$ /año dentro de ambos resultados se contabilizan las emisiones de residuos sólidos municipales, aguas residuales municipales y aguas residuales industriales (IEEGEISIN, 2012).

La Ciudad de México basado en el IE de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012, clasificó o sectorizó los rubros de transporte y movilidad, industria, comercios y servicios, contaminación doméstica, vegetación y suelos, por último, misceláneos. Estos a su vez fueron subdivididos en fuentes de tipo Móvil, puntual y de área. En lo que se refiere a los GEI, se emiten anualmente 56.2 millones de  $\text{tonCO}_2\text{eq}$  y 1793 toneladas de carbono negro, los municipios conurbados aportan 35.5 millones  $\text{tonCO}_2\text{eq}$  que representan 63% de los GEI y 37% se emite en la Ciudad de México (IECDMX, 2014).

Chiapas, realizó su primer Inventario Estatal de Gases Efecto Invernadero del Estado de Chiapas (IEGEIECH) con base al año 2005. Reporta que el sector energía emitió 4,315 Gg  $\text{CO}_2$  eq, los procesos industriales generaron 140.34 Gg  $\text{CO}_2$  eq, sector desechos generó 79.19 Gg  $\text{CH}_4$  (PACCECH, 2005).

Para el Estado de Tabasco, la información sobre la contaminación atmosférica presenta distintas dificultades como es la claridad y la accesibilidad, así como el inapropiado vocabulario para la población. Los inventarios de emisiones realizados en los años 2001 al 2005 son de difícil acceso, por lo tanto, estos datos no han

tenido la publicidad ni la posibilidad que sean solicitados por el público. De acuerdo a los informes de calidad de aire, referente a los inventarios de emisión del periodo citado anteriormente, para los años 2001 – 2002 los elementos del reporte se centraron en monitoreos, recopilación de información y modelación matemática, marcándose como objetivo identificar la calidad del aire para protección de la población y ambiente. Dentro de este se dio a conocer como resultado del inventario citado una calidad del aire global como buena, ofreciendo un porcentaje de emisión por categorías correspondiente al 52% para autos, 30% fuentes fijas, 18% fuentes de área (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente, 2003). En el 2003, los elementos predominantes en este informe fue el monitoreo e inventario, con objetivos idénticos a los enmarcados en el reporte mostrado anteriormente, mostrando una calidad del aire mala; los resultados por fuentes inventariadas en una proporción del 44% fuentes móviles, 38% fuentes de área y 18% fuentes puntuales (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente, 2004). El reporte del 2004 presentó, monitoreos e inventario, fueron los elementos mostrados en este, los objetivos se limitaron solamente a conocer la calidad del aire en Villahermosa, Cárdenas y Comalcalco. La información presentada mostró que la calidad del aire fue mala, señalando al sector industrial, en su momento Bimbo, Marínela y Nestlé, de acuerdo a los monitoreos y cálculos realizados para este reporte no menciona los porcentajes correspondientes a los autos, fuentes de área, fuentes puntuales (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente, 2005). Finalmente, para el 2005, al igual que el reporte anterior sus elementos fueron monitoreo e inventario y su objetivo únicamente fue informar, sin embargo, con respecto al reporte 2004 este mejoró en cuanto a la información proporcionada. Con respecto a la calidad del aire el estudio señaló que esta fue mala, y no se mostraron los porcentajes de correspondencia de cada rubro analizado. (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente, 2005).

En la entidad tabasqueña, como en muchas ciudades en desarrollo y crecimiento la población puede presentar posibles riesgos de exposición en distintas formas, acuática, terrestre o aérea, y una de ellas es la más importante y menos considerada

es la aérea, ya que al no poder percibirse claramente masas de aire contaminadas y obvias, como es el smog, se tiene la creencia que esta no presenta problemas de contaminación, sin embargo Tabasco es reconocido por sus especies arbóreas, herbácea y una gran variedad de especie acuáticas. La vegetación cumple un papel importante en la mitigación de los efectos adversos de la contaminación atmosférica, relacionado con la capacidad de absorber los gases contaminantes pero debido al crecimiento demográfico ha disminuido esa capacidad con el paso de los años, restándole importancia de la gran aportación que tiene la vegetación como medio de “filtración” o purificación del aire, es también importante saber que la tala de árboles es competencia de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), son autoridades que tienen la facultad para la toma de decisiones en materia ambiental.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Contaminación atmosférica y las fuentes que la generan**

Aire es un conjunto de gases que integran a la atmósfera, de vital importancia para el desarrollo de la vida y recurso natural que tiene mayor contacto con la biosfera e indispensable para los organismos dependientes de él (Calvo Aldea, 2016).

La presencia de materia, sustancias o alguna manifestación de energía que ocasione riesgo, malestar grave o deterioro a la seguridad o salud de los ecosistemas o personas es considerado como contaminación del aire, considerando este concepto entendemos que la contaminación puede agruparse en dos tipos de acuerdo con su fuente: naturales y artificiales o antropogénicas (Calvo Aldea, 2016). Dentro de los contaminantes gaseosos los contaminantes primarios y secundarios son los considerados principalmente. Los primarios son los expulsados directamente a la atmósfera desde las fuentes emisoras y los más comunes son las partículas, humos, aerosoles, los óxidos de carbono ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{COV}$ ,  $\text{CH}_4$ , Policlorobifenilos (PCB), dioxinas y furanos), óxidos de azufre ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  y Sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )) y nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), compuestos halogenados (cloro ( $\text{Cl}_2$ ), ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), ácido fluorhídrico ( $\text{HF}$ ) y los clorofluorocarbonos (CFC's)) y metales pesado (plomo ( $\text{Pb}$ ), cadmio ( $\text{Cd}$ ) y mercurio ( $\text{Hg}$ )) (Calvo Aldea, 2016).

Los contaminantes secundarios se forman a partir de los contaminantes primarios y a través de reacciones químicas, siendo los más importantes el trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), trióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_2$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sulfato ( $\text{SO}_4$ ), ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), el ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) y los nitratos de peroxiacetilo (PAN).

Las fuentes artificiales o antropogénicas son las que generan un volumen elevando de contaminantes por uso de combustibles fósiles: la generación de calor, en el consumo de carbón, gasóleo, gas natural y otros aparatos domésticos, la emisión dependerá de la eficiencia, diseño y estado de conservación de los aparatos empleados. En la industria, la emisión generada dependerá del tipo de actividad y proceso que este utilice en sus actividades. La agricultura y la ganadería aporta emisiones de  $\text{CH}_4$  por el manejo de ganado vacuno y por el uso intensivo de fertilizantes y productos propios de la actividad y la eliminación de residuos sólidos por incineración (Calvo Aldea, 2016).

### **2.2.2 Elementos para elaborar un IE**

Para la elaboración de cualquier IE es importante identificar entre las cuatro categorías de emisiones por fuentes móviles, fuentes naturales, fuentes fijas o puntuales, fuentes de área.

Para el caso de la fuente móvil como su nombre lo indica están en movimiento por lo que la participación de aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tracto camiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias móviles con motores de combustión y similares, que por su uso de operación generen o tengan la oportunidad de generar emisiones contaminantes a la atmósfera (INECC-SEMARNAT, 2007). La fuente fija es toda instalación establecida en un solo lugar, que desarrolle operaciones o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera (NOM - 085 - SEMARNAT-2011, 2016), también podemos encontrar que una fuente fija es toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicio o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera (RLGEEPA-MPCCA, 2014).

La correcta tipificación de las fuentes a evaluar es de suma importancia ya que al discernir entre las fuentes fijas y de área permitirá una eficiente recopilación de datos necesarios para la realización de inventarios de emisiones. De la información recabada es deseable que ésta sea lo más detallada posible de las fuentes de estudio. Sin embargo, si se toma la decisión de tratar a todos los establecimientos como fuentes fijas, entonces incrementará la precisión del inventario y directamente el aumento de los costos del mismo, por lo que, agrupar sitios con un criterio más sencillo como relacionar las fuentes según la actividad; por ejemplo los talleres, hoteles, restaurantes, etc., todo dentro de una sola fuente (INE - SEMARNAT & Western's Governors' Association, 2005).

Las fuentes fijas pueden ser inventariadas en tres niveles de detalle (figura 1):

- ✓ Nivel de planta, incluye las diversas actividades emisores dentro del establecimiento.
- ✓ Nivel de punto de emisión o de chimenea, donde ocurre directamente la emisión.
- ✓ Nivel de proceso, representa la emisión de cada uno de los procesos o actividades dentro del sitio.

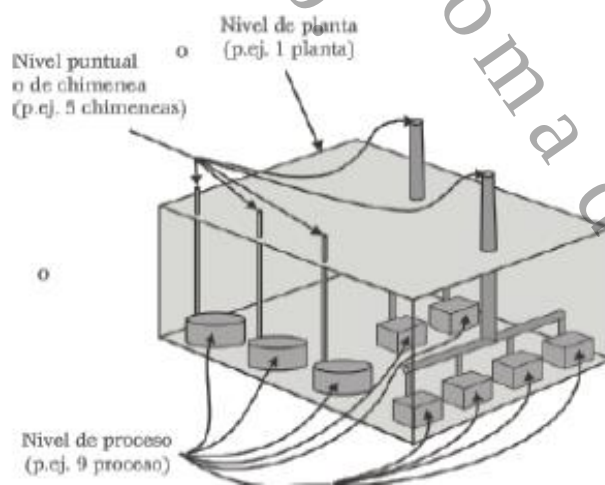


Figura 1. Nivel de detalle para fuente fija

Fuente: (INE - SEMARNAT & Western's Governors' Association, 2005)

Las fuentes de área están conformadas principalmente por el sector económicos secundario y terciario donde las fuentes son muy numerosas y dispersas como para considerarlas fuentes fijas. Estas representan un porcentaje muy importante en la generación de emisiones, por lo que es muy importante incluirla en los inventarios (INE - SEMARNAT & Western's Governors' Association, 2005; INECC - SEMARNAT, 2013).

El agrupamiento de fuentes de área generalmente se realiza dentro de las siguientes grandes categorías: combustión en fuentes fijas, fuentes semiestacionarias, uso de solventes, almacenamiento y transporte de derivados de petróleo, fuentes industriales y comerciales ligeras, fuentes agrícolas, manejo de residuos, fuentes de área misceláneas.

Cabe mencionar que dentro de cada categoría existen subcategorías representadas por procesos asociados a la categoría principal correspondiente (INE - SEMARNAT & Western's Governors' Association, 2005).

Existen métodos de cuantificación de emisiones, dentro de los que podemos establecer los métodos indirectos mediante el uso de factores de emisión. El factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad.

Comúnmente, los factores de emisión se clasifican en dos tipos: los basados en procesos y censos. El primero se usa para hacer estimaciones de fuentes fijas, por lo regular se combina con los datos de actividad recopilados en encuestas o con balances de materiales. Por otro lado, los factores de emisión basados en censos, se utilizan para realizar estimaciones de las emisiones de fuente de área. La fuente más completa de factores de emisiones específicos es de Estados Unidos, que corresponde a la publicación *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors* (INECC - SEMARNAT, 2013).

Es importante considerar en la estimación de emisión que el uso de un factor de emisión es obtenido bajo condiciones específicas que podrían cambiar si el proceso de actividad cuenta con dispositivos de control de contaminantes. Es decir, si tenemos dos chimeneas que conducen los gases de combustión de un mismo

proceso, pero una de ellas cuenta con un filtro de carbón activado la emisión de ésta será significativamente menor aun cuando los volúmenes de gases sean iguales.

Los dispositivos para el control de contaminantes se diseñan de acuerdo al tipo de proceso e industria, ya sea para el *control de partículas, gases y vapores, compuestos orgánicos volátiles, para óxidos de nitrógeno y/o óxidos de azufre.*

Tecnología para el control de partículas, dentro de esta categoría podemos encontrar distintas variantes, así como la industria en la que se aplica, se usa en calderas de centrales termoelectricas de carbón, calderas industriales y calderas comerciales que usan carbón y madera; procesamiento de metales no ferrosos, primarios y secundarios como es la industria del cobre, plomo, zinc, aluminio y otros metales; procesamiento de metales ferrosos como son el coque, producción de aleaciones de hierro, producción de hierro y acero, fundiciones de hierro gris y fundiciones de acero; en la industria de productos minerales como es la manufactura de cemento, limpieza de carbón, explotación y procesamiento de piedra, en la manufactura de asfalto; molienda de grano (INE, 2002).

- Filtros de tela son usados para limpieza por sacudimiento mecánico, Limpieza con inyección de aire inverso, Limpieza con chorro de aire pulsante
- Filtros de alta eficiencia (Filtros HEPA (Filtros de aire de alta eficiencia para partículas) y ULPA (Filtros de aire de ultra baja penetración)

Este tipo de filtros son aplicados en incineradores de residuos hospitalarios, residuos nucleares de bajo nivel o de mezcla de residuos, sistemas de ventilación y de seguridad nuclear; laboratorios, industrias de alimentos, manufactura de productos farmacéuticos y microelectrónicos.

- ✓ Cámara de sedimentación

Tecnología utilizada en la industria de refinación de metales, plantas generadoras de calor y electricidad. Son particularmente usados en industrias en las que se requiere enfriar la corriente de gas antes de continuar con tratamientos posteriores.

- ✓ Separadores con ayuda mecánica

Los separadores de ayuda mecánica son usados en industria alimenticia, farmacéutica y en el labrado de madera.

- ✓ Separadores por momento

Equipo usado como prelimpiador para equipos de control final como precipitadores electroestáticos o filtros de tela.

- ✓ Ciclones

Se utilizan para minimizar las cargas de partículas de la entrada hacia dispositivos de captura más caros como son los precipitadores electroestáticos, por lo que se aplican en la industria alimenticia y química; industria de metales ferrosos y no ferrosos, también usados en las unidades industriales y comerciales de combustión que usan madera o combustibles fósiles (INE, 2002).

- ✓ Precipitadores electroestáticos

Usados en la industria de madera, metalurgia y en la producción de ácido sulfúrico, industria textil, papelera, incineradores de residuos peligrosos, industria de servicios eléctricos públicos y, en industria cementera (INE, 2002).

Existen precipitadores húmedos tipo placa – alambre, húmedo tipo tubo – alambre, seco tipo placa – alambre, seco tipo tubo – alambre de acuerdo a las necesidades de cada proceso industrial o comercial.

- ✓ Separadores por condensación

Estos dispositivos se aplican al control de corriente de gas que contienen partículas finas, diseñados específicamente para la captura de las pequeñas partículas que se han escapado de un dispositivo de control primario.

Tecnología de control de partículas, gases y vapores, aplicados en la industria de metales primarios no ferrosos y en plantas de ácido sulfúrico o de azufre elemental, en la desulfuración de gas de salida, para el control de emisiones  $\text{SO}_2$  en la combustión de carbón y aceites de fuentes industriales, en plantas generadoras de electricidad, control de emisiones de  $\text{SO}_2$  en procesos industriales de metales primarios no ferrosos, industria mineral, química, alimenticia, agrícola y en la

industria de cromado por electro-plateado, calderas termoeléctricas de carbón, aceite, madera y residuos líquidos, industria de productos de piedra, manufacturera de asfalto y en incineradores municipales de residuos sólidos, así como control de emisiones de aerosol en recubrimiento de superficies (INE, 2002).

Además, podemos encontrar de tipo torre de aspersion, torre de platos, torre empacada, lavadores venturi, lavadores con orificio, lavadores con lecho de fibra.

Tecnología de control para compuestos orgánicos volátiles, Utilizadas principalmente en la industria petrolera y petroquímica como dispositivos de seguridad diseñados para procesos de emergencia en el que se requiere liberar grandes cantidades de gas, industria de artes gráficas, industria en procesos de evaporación de solventes e imprentas, igualmente pueden ser aplicados en ollas para el cocimientos de barnices, hornos del núcleo de fundición, secadoras del barniz de la madera multilaminar, estaciones de carga de gasolinas en volumen y en la industria manufacturera de compuestos químicos orgánicos sintéticos (petroquímica secundaria y terciaria), industria farmacéutica, hule, linóleo y revestimiento con papel (INE, 2002).

Los distintos dispositivos de control son: antorcha, incineradores térmicos, incineradores térmicos tipo recuperativo, incineradores catalíticos, adsorción, adsorción con carbón activado.

Tecnología para el control de óxidos de nitrógeno, implementado en las calderas termoeléctricas, calderas industriales, incineradores, turbinas de gas, motores estacionarios de diésel y de encendido por chispa, fábricas de hierro y acero, industria del cemento, vidrio y refinerías de petróleo (INE, 2002).

La modificación de los procesos de combustión y tratamiento químico de los gases de combustión son los procesos usados en la aplicación de esta tecnología.

Tecnología de control para óxidos de azufre, las industrias que principalmente aplican esta tecnología son las fundidoras de metales no ferrosos.

El proceso tecnológico se conoce como extracción de  $\text{SO}_2$  de los gases ricos de desecho y extracción de  $\text{SO}_2$  de los gases pobre de desecho.

### 2.2.3 Incertidumbre

La determinación del rango de incertidumbre es muy importante ya que este, indica la dispersión de los resultados del inventario, ejercicio que se deberá realizar al recolectar y procesar la base de datos del inventario de emisiones.

Por lo que la incertidumbre la podemos definir como el intervalo en donde se localiza el valor real del resultado de las emisiones del inventario, esto se atribuye a los distintos factores o variables que generan una variación en el cálculo de las emisiones.

Es por ello que identificar las causas de incertidumbre es esencial, tener claro las variaciones existentes en cada componente del inventario como es el factor de emisión, datos de actividad, datos temporales y la serie de parámetros aplicados en la ejecución y desarrollo del inventario.

Se deberá de tomar en consideración los siguientes elementos para el cálculo de incertidumbre:

- ✓ Incertidumbre de los elementos que integran IE, datos de actividad, factores de emisión, parámetros. Componentes que son necesarios para el cálculo de incertidumbre
- ✓ Incertidumbre de las mediciones y tendencia
- ✓ Incertidumbre originada de error cometidos en alguna de las etapas del inventario

El cálculo de la incertidumbre se obtiene mediante métodos estadísticos, aunque esté vinculado a los elementos que conforman el IE, sin embargo, existen otros elementos a tomar en cuenta debido a que incrementan la incertidumbre como es el caso de las omisiones, conteo doble, errores de conceptos y una deficiente interpretación de los procesos que resultan en estimaciones inexactas. Por otro lado, este tipo de errores no es posible registrarse de una forma cuantitativa, pero existe una forma muy sencilla de minimizar esta variación y es registrar los procedimientos de una manera cualitativa y con ello disminuir en lo posible la incertidumbre.

## **2.2.4 Sectores económicos y categorías de análisis**

La actividad económica está organizada en diversos sectores, estos sectores a su vez indican características comunes propias de cada actividad por lo que se diferencian unas de otras agrupaciones. Esta organización se hace de acuerdo a los procesos internos que se realizan en cada uno de los establecimientos.

De acuerdo a la economía clásica los sectores económicos se clasifican de la siguiente manera:

- a) El sector primario es el que íntimamente ligado a las actividades con la naturaleza ya que obtienen sus productos directamente de esta, sin que ocurra algún tipo de transformación (Banrepcultural, 2017).
- b) El sector secundario son las actividades que están directamente relacionadas con las actividades económicas de un país con el procesamiento industrial de los alimentos y mercancías, materiales que son usados para la generación de nuevos productos (Banrepcultural, 2017).
- c) El sector terciario es un sector que propiamente no produce algún tipo de mercancía, aunque es muy necesario para la salud económica de cualquier país es decir es fundamental para el funcionamiento de la economía de las zonas (Banrepcultural, 2017).

Es importante hacer hincapié que los primeros sectores tienen la capacidad de producir bienes materiales o tangibles, por lo que también son considerados como sectores productivos, a diferencia del sector terciario no hay producción de material de ninguna índole, pero propicia la generación de ingreso y comercialización de producto nacional (Banrepcultural, 2017)

Las clasificaciones tienen procesos muy específicos para cada actividad que realiza, sin embargo, el combustible usado para realizar la actividad que produce la emisión es el mismo para la gran mayoría de estas, además de usar GLP, también es posible que hagan uso del carbón, de igual manera podemos encontrar establecimientos con procesos muy especializados como es la soldadura. los sitios seleccionados se clasificaron en 5 categorías; Cafeterías, Restaurantes, Hotelería, Servicios y Talleres, véase figura 2.

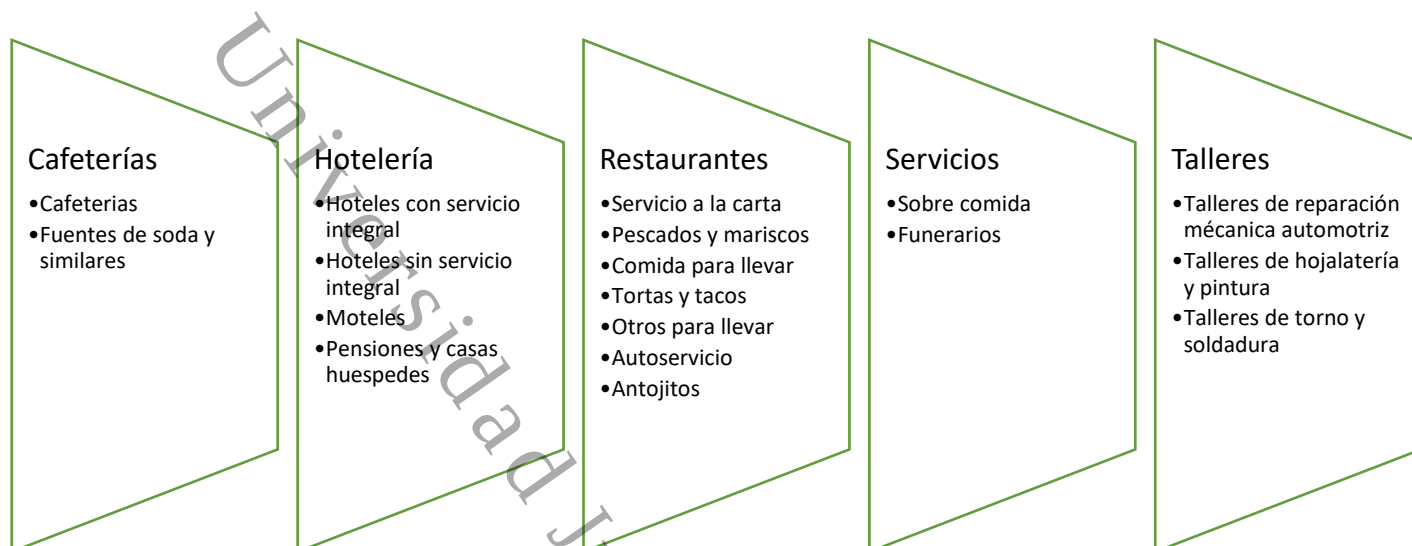


Figura 2. Clasificación de actividades comerciales en municipio de Centro

#### **2.2.4.1 Cafeterías, fuentes de soda y similares**

Establecimiento que requiere la preparación de alimentos y en algunos casos preparación de alimentos complejos, además de bebidas calientes en sus distintas variedades.

Estos establecimientos recurren al uso de combustible fósil, GLP, en el área de cocina, por lo que se tomará en cuenta para la estimación de las emisiones

#### **2.2.4.2 Hotelería**

Dentro de los servicios que se ofrecen se incluyen la disponibilidad de agua caliente, es decir, existen calentadores de agua y estos dispositivos en la mayoría de los casos usan GLP, característica presente en el sector hotelero.

#### **2.2.4.3 Restaurantes**

Establecimiento público en donde se ofrecen alimentos y bebidas para consumo en el mismo sitio, presentados a través de un menú o carta mostrando el precio estipulado de cada platillo (RAE, 2018).

Los restaurantes son establecimientos donde se genera una gran cantidad de emisiones las cuales dependerán, principalmente del tipo de combustible utilizado en su cocción como lo es el GLP y carbón.

#### **2.2.4.4 Servicios funerarios**

Dentro de los servicios funerarios se ofrece la posibilidad de cremación de restos humanos. El proceso de cremación consiste en uno o más hornos, el horno es de capacidad industrial que puede alcanzar temperaturas muy altas (aproximadamente 870 a 1400 °C), estos hornos cuentan con modificaciones específicas para este propósito, y de esta manera poder alcanzar la máxima eficiencia para la desintegración de los restos convirtiéndolos en cenizas, como es el direccionar las llamas hacia el torso del cuerpo, en donde se localiza la mayor cantidad de masa corporal. Los hornos para su funcionamiento pueden usar fuentes combustibles, tales como gas natural o GLP, en los dispositivos más actuales de tipo eléctrico o híbrido (Díaz, 2014).

La cámara donde es colocado el cuerpo se le conoce como retorta, esta cámara está construida con ladrillos refractarios que permiten conservar el calor. Los ladrillos aproximadamente tienen una vida útil de cinco años debido a los constantes cambios de temperatura, ocasionan que estos se fracturen (Díaz, 2014).

Los crematorios normalmente tienen un tamaño estándar, sin embargo, existen hornos crematorios de dimensiones mayores con la capacidad de manejar restos de hasta 200 Kg (Díaz, 2014).

#### **2.2.4.5 Talleres**

En el lenguaje coloquial podemos decir que es un sitio en donde podemos acudir para solicitar a que reparen, construyan o hagan alguna clase de trabajo mecánico y manual.

Los talleres pueden dividirse de acuerdo a su especialidad:

- **Mecánica General:** corresponde a vehículos a gasolina como son las camionetas, automóviles y motocicletas; vehículos a diésel frecuentemente de tipo maquinaria pesada y camiones, sin embargo, existen versiones de motores diésel para automóviles
- **Detallado automotriz:** se caracteriza por el uso de equipos de soldadura en el área de hojalatería y pintura.

- Mecanizado: para esta clasificación la presencia y uso de equipos de soldadura es fundamental para el área torno y soldadura, en la reparación y servicio de radiadores, por último, en escapes y mofles.

Talleres de reparación mecánica automotriz, el contacto con el combustible es cotidiano por lo que este por sí mismo genera emisiones, sin embargo, debido a que las propiedades y la clasificación del combustible presenta características propias tanto del diésel como de la gasolina.

Los talleres en donde se emplea el uso de soldadura, como es el caso de los talleres de detallado automotriz y talleres de mecanizado, se emplean máquinas de soldadura que usan consumibles llamados electrodos, proceso que emite gases muy especializados categorizados como gases peligrosos por lo que la emisión se considera de alto riesgo para la salud, las emisiones dependerán de la composición del electrodo usado y del tiempo de exposición a los gases.

En el proceso de soldadura existen diferentes métodos para generar calor, los más utilizados son el arco eléctrico o uso de llama de gas y oxígeno. Las operaciones de tipo comercial de soldaduras hay una gran variedad de más de 80 diferentes tipos de operaciones y de las que podemos incluir se encuentra la soldadura de arco eléctrico y oxicorte, también existe la soldadura fuerte, soldadura blanda, corte térmico y operaciones de medición. De los distintos procesos existentes la soldadura por arco eléctrico es el más usado por ende es el que mayor presencia, y también es el proceso que tiene más potencial de emisión. Aunque para distribución nacional no se conoce con exactitud la frecuencia de uso del proceso de soldadura por arco, el porcentaje de los electrodos consumidos en 1991 por tipo de proceso fueron los siguientes:

- a. Soldadura por arco de metal blindado (SMAW): 45%
- b. Soldadura por arco de gas y metal (GMAW): 34%
- c. Soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW): 17%
- d. Soldadura por arco sumergido (SAW): 4%

El tipo de soldadura SMAW utiliza calor que es producido por un arco eléctrico al fundir un electrodo cubierto en la junta de la soldadura sobre el metal base. Para que se lleve a cabo este proceso el núcleo de la varilla conduce la corriente eléctrica para poder producir el arco eléctrico y este a su vez proporciona material de relleno para crear una junta entre las piezas a unir. El recubrimiento del electrodo le confiere estabilidad al arco y protege el metal fundido al crear gases de protección por la vaporización de la cubierta (USEPA, 2017)

México.

de Tabasco.

### **3 Objetivo general**

Cuantificar las emisiones generadas por el sector secundario (restaurantes, cafeterías, fuentes de soda) y terciario (hoteles, pensiones, casa huéspedes, servicios de comida, funerarias, talleres) en municipio de Centro, Tabasco durante el periodo de 17 de agosto a 17 de septiembre de 2017 a fin de identificar las zonas de altas emisiones de GEI y otros contaminantes que puedan tener un riesgo potencial con la población circundante, en particular escuelas de nivel básico.

#### **3.1 Objetivo específico**

- Estimar las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) y otros contaminantes (NO<sub>x</sub>, CO, TOC, SO<sub>x</sub>) generadas por el sector secundario y sector terciario dentro del municipio de Centro.
- Analizar las zonas con mayor emisión de contaminantes en el municipio de Centro.
- Asociar las zonas de mayor emisión con la ubicación de escuelas dentro del área de afectación

## 4 Metodología

Dentro de este apartado se describe la zona de estudio, los sitios de interés, así como el proceso de cálculo. Se presentan los factores de emisión usados para cada rubro, y la descripción de las clasificaciones comprendidas en esta investigación.

### 4.1 Área de estudio

Se localiza en la región sureste de la república mexicana, las coordenadas geográficas extremas del municipio son: al norte  $18^{\circ} 20'$ , al sur de  $17^{\circ} 43'$  de latitud norte; al este  $92^{\circ} 35'$ , al oeste  $93^{\circ} 15'$  de longitud oeste. De acuerdo a los datos de la Estación Sinóptica Meteorológica (ESIME) a cargo del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) en ciudad de Villahermosa, con coordenadas longitud Oeste  $92^{\circ} 55' 59''$  y latitud Norte  $17^{\circ} 58' 59''$ ; los vientos de mayor presencia fueron vientos dentro de los rangos de 2.10 a 3.60 m/s, es decir el 34.8% del total de los vientos, en menor frecuencia vientos con velocidad de 0.5 a 2.10 m/s con el 19.3%, los vientos de 3.60 a 5.70 m/s fueron del 25.4% y por último los vientos de mayor velocidad registrados fue de velocidades entre 5.70 a 8.80 m/s con una frecuencia de distribución del 8.3% del total de los vientos registrados; las temperaturas durante el período de la investigación van de los 22.9 a 37 °C con muy poca precipitación de 0.2 a 15 mm de agua, debido a la poca precipitación se observaron días nublados parciales y despejados con niveles de radiación moderados (-1 a 1149 W/m<sup>2</sup>, respectivamente), información capturada de la estación meteorológica usada para este documento.

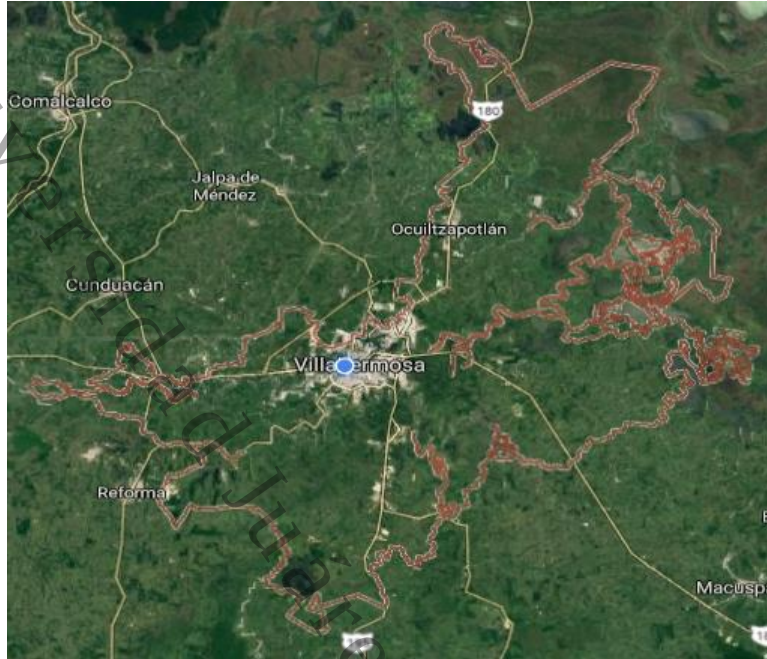


Figura 3. Mapa Vista satelital municipio de Centro

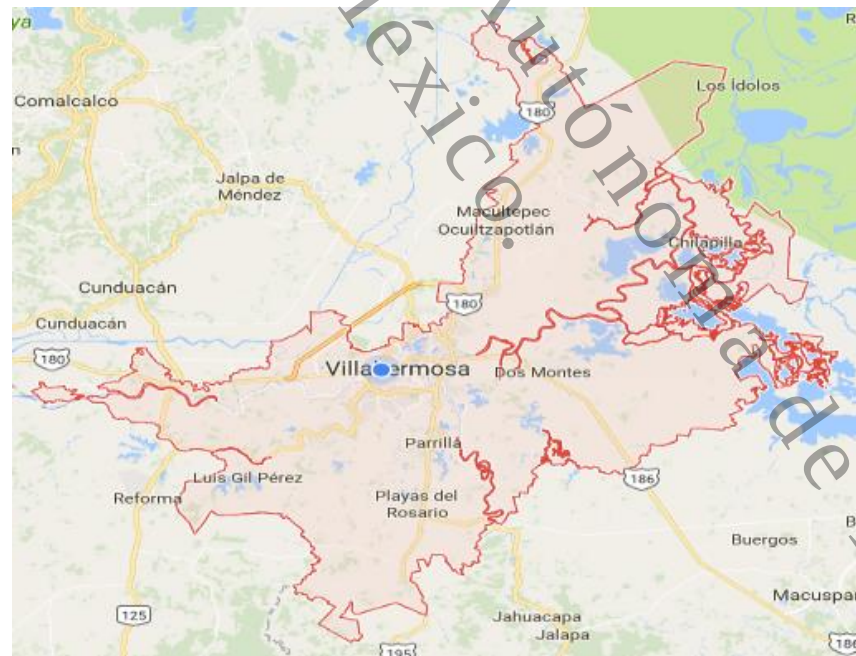


Figura 4. Mapa vista aérea del municipio de Centro

Fuente: (INEGI- GOOGLE MAPS, 2017)

## **4.2 Sitios de interés para el estudio**

La información necesaria para una base de datos lo más completa posible fue recopilada a través del portal en línea del DENUE, dentro del sitio web podemos tener acceso a todas las categorías reportadas por las actividades comerciales existentes en la República Mexicana, por lo que fue necesario el filtrado para el estado de Tabasco en el municipio de Centro. Se seleccionaron los giros comerciales de interés: hotelería, restaurantes y talleres, estas fueron sub clasificadas de acuerdo al tipo de comercio, cantidad de personas laborando en el sitio y a su vez por el tipo de fuente emisora principal relacionada con el proceso de elaboración.

La información obtenida contiene la dirección exacta de cada sitio, coordenadas geográficas y nombre del comercio, tipo de giro comercial y la fecha de incorporación al DENUE. La información geográfica fue usada para la localización, en un software de posicionamiento global, para comparación entre las fuentes emisoras y los posibles impactos a los receptores vulnerables.

### **4.2.1 Aseguramiento de la información**

A la base de datos se le adicionó información de tasa de actividad diaria, factores de emisión (contaminante) y eficiencia de abatimiento para poder obtener la emisión de la fuente.

La tasa de actividad diaria es la magnitud de los datos de actividad relacionada con los procesos de emisión. Por ejemplo, para los procesos industriales están representados en unidades de peso (Kg, ton, o L mensuales de material manufacturado o utilizado en el proceso), de la misma manera la representación de las unidades de tasa de consumo es usadas en equipos de quema de combustible (tons, L, m<sup>3</sup> o MJ por hora o por mes). Es común que, en los factores reportados, sea necesario realizar conversión de unidades que sean congruentes con unidades de producción (tons, barriles, etc.). Por otra parte, al usar factores de emisión de Estados Unidos, la conversión de unidades estándar a unidades métricas podría ser necesario (Radian Corporation, 1996).

Los datos de actividad para fuentes de área regularmente son reemplazados una vez que se comprueba que la actividad esta correlacionada con el proceso emisor, puede ser el número de empleados (Radian Corporation, 1996).

#### **4.2.2 Selección de factores de emisión**

La fuente de emisión fue identificada con el criterio del uso de combustible gas licuado de petróleo (GLP) en equipos calentadores, cocción de alimentos o el uso de carbón en forma comercial o residencial según sea el caso; y la influencia de área que la fuente este afectando. A continuación, se muestra la Tabla 1 con los factores de emisión por categoría y tipo de giro comercial usados para la elaboración de la estimación.

Para los factores usados de la USEPA fueron tomados valores para fracción CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y TOC en unidades de lb/ton de material usado. Las unidades correspondientes de los factores de emisión fueron convertidas a Ton CO<sub>2</sub> eq en las unidades que lo permitiesen, para el caso de las unidades de masa de contaminante generado por masa usada se realizó la conversión de unidad a Kg de contaminante por Kg de material usado y poder realizar una estimación en valores de masa. De acuerdo al IPCC las estimaciones de nivel 1 para fuentes estacionarias, tiene posibilidad de usar los mismos factores de emisión o que estos se repitan en las diferentes fuentes de emisión enlistadas debido a que estas comparten el uso del mismo combustible. Como es el caso de uso de GLP. Los factores de emisión están expresados en Kg CO<sub>2</sub>/TJ unidades en base al valor calórico neto, en las fracciones CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>. (IPCC, 2006), para fuentes que usan carbón, fueron seleccionados factores de emisión del IPCC y de la Agencia de Protección ambiental (EPA, siglas en ingles). Los factores de la USEPA fueron obtenidos del servidor web en línea. Dentro de la sección fuentes de combustión externa (External Combustion Sources), subtema Combustión de Carbón antracita (Anthracite Coal Combustion) (EPA, 2016).

Tabla 1. Factores de emisión por giros Comerciales / residenciales

| Clasificación/giro comercial           | Factores de emisión para gases contaminantes |                            |                                                 |                             |                                                |                            |                                    | Valor obtenido de: |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|
|                                        | CO<br>(lb/10 <sup>3</sup><br>gal)            | CO <sub>2</sub><br>(Kg/TJ) | SO <sub>x</sub><br>(gr/100<br>ft <sup>3</sup> ) | N <sub>2</sub> O<br>(Kg/TJ) | NO <sub>x</sub><br>(lb/10 <sup>3</sup><br>gal) | CH <sub>4</sub><br>(Kg/TJ) | TOC<br>(lb/10 <sup>3</sup><br>gal) |                    |
| Cafeterías, fuente de soda y similares |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Hoteles con servicio Integral          |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       | 0.1 <sup>(1)</sup>                              | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 7.5 <sup>(2)</sup>                           |                            |                                                 |                             | 13 <sup>(2)</sup>                              |                            | 1.0 <sup>(2)</sup>                 | EPA <sup>2</sup>   |
| Hoteles sin servicio integral          |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       | 0.1 <sup>(1)</sup>                              | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 7.5 <sup>(2)</sup>                           |                            |                                                 |                             | 13 <sup>(2)</sup>                              |                            | 1.0 <sup>(2)</sup>                 | EPA <sup>2</sup>   |
| Moteles                                |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       | 0.1 <sup>(1)</sup>                              | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 7.5 <sup>(2)</sup>                           |                            |                                                 |                             | 13 <sup>(2)</sup>                              |                            | 1.0 <sup>(2)</sup>                 | EPA <sup>2</sup>   |
| Pensiones y casas huéspedes            |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       | 0.1 <sup>(1)</sup>                              | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 7.5 <sup>(2)</sup>                           |                            |                                                 |                             | 13 <sup>(2)</sup>                              |                            | 1.0 <sup>(2)</sup>                 | EPA <sup>2</sup>   |
| Restaurante con servicio a la carta    |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Restaurante de antojitos               |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Restaurante pescados y mariscos        |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Restaurante comida para llevar         |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         | 0.3 lb/ton <sup>+</sup>            | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 0.6 lb/ton <sup>+</sup>                      | 94600 <sup>(1)</sup>       | 1.3 lb/ton <sup>+</sup>                         | 0.6 <sup>(1)</sup>          | 9 lb/ton <sup>+</sup>                          |                            |                                    | EPA <sup>2</sup>   |
| Restaurante tortas y tacos             |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
|                                        | 0.6 lb/ton <sup>+</sup>                      | 94600 <sup>(1)</sup>       | 1.3 lb/ton <sup>+</sup>                         | 0.6 <sup>(1)</sup>          | 9 lb/ton <sup>+</sup>                          | 10 <sup>(1)</sup>          | 0.3 lb/ton <sup>+</sup>            | EPA <sup>2</sup>   |
| Restaurante de autoservicio            |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Restaurante otros para llevar          |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |
| Servicios sobre comida                 |                                              | 63100 <sup>(1)</sup>       |                                                 | 5 <sup>(1)</sup>            |                                                | 0.1 <sup>(1)</sup>         |                                    | IPCC <sup>1</sup>  |

<sup>1</sup> \* IPCC. (2006). Elección de factores de emisión. En IPCC, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (pág, 2.14 a 2.23)

<sup>2</sup> \*\*USEPA. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Obtenido de Air Emission Factors and Quantification: Anthracite Coal Combustion; + Factor de emisión para Carbón

La selección del factor de emisión para los servicios funerarios es presentada en Tabla 2, y debido a la índole de este tipo de servicio, es uno de los procesos que tiene un control de emisiones más estricto que cualquier otro tipo de establecimiento por lo que las emisiones debido a servicios funerarios son mínimas.

Tabla 2. Factores de emisión para servicios funerarios.

| Clasificación/giro comercial | Factores de emisión para gases contaminantes |              |                                     |                                          | Valor obtenido de: |
|------------------------------|----------------------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
|                              | CO <sub>2</sub> (% materia seca)             | Ton/Cap./Año | gr N <sub>2</sub> O Ton de material | CH <sub>4</sub> Kg/Gg Peso Material seco |                    |
| Servicios funerarios         | 95                                           | 0.69         | 60                                  | 60                                       | IPCC <sup>3</sup>  |

Fuente: (IPCC, 2018)

El proceso de soldadura genera emisiones muy específicas, por lo que debido a la naturaleza de los compuestos particulares que contienen los electrodos usados para el proceso emite gases nocivos dentro de la atmósfera de trabajo. Los factores de emisión utilizados son presentados en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Factores de emisión para procesos de soldadura

| Proceso de soldadura | Tipo de Electrodo | Factor de emisión de contaminante atmosférico peligroso (10 <sup>-1</sup> g/Kg de electrodo consumido) |         |       |      |      |    |
|----------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|------|----|
|                      |                   | Cr                                                                                                     | Cr (VI) | Co    | Mn   | Ni   | Pb |
| SMAW <sup>4</sup>    | E6010             | 0.03                                                                                                   | 0.01    | SD    | 9.91 | 0.04 | SD |
|                      | E6011             | 0.05                                                                                                   | SD      | 0.01  | 9.98 | 0.05 | SD |
|                      | E6013             | 0.04                                                                                                   | SD      | <0.01 | 9.45 | 0.02 | SD |

Fuente: (EPA, 2016)

Debido que el método usado en la mayoría de los talleres es el sistema de arco eléctrico con electrodos de tipo SMAW será el valor usado de acuerdo al factor de emisión obtenido de EPA.

<sup>3</sup> IPCC(15 de Abril de 2018). Base de datos de factor de emisión. Obtenido de Panel Intergubernamental del Cambio Climático: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

<sup>4</sup> Corriente: 102 a 225 A; Voltaje: 21 a 34 A. (EPA, 2016)

Tabla 4. Factores de emisión para talleres

| Taller                                                        | Combustible | Factor de emisión      |
|---------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|
|                                                               |             | Kg CO <sub>2</sub> /TJ |
| Reparación y mantenimiento de vehículos y camiones a gasolina | Gasolina    | 73,684.91              |
| Reparación y mantenimiento de vehículos y camiones a diésel   | Diésel      | 74,216.8               |
| Reparación y mantenimiento de motocicletas                    | Gasolina    | 73,684.91              |

Fuente: (INECC-SEMARNAT, 2014)

Para los talleres de reparación y mantenimiento de motores o algún tipo de maquinaria con emisiones combustibles como son el diésel y la gasolina se cuantificaron con los factores de emisión mostrados en la Tabla 4. Un punto clave de la selección del factor de emisión para esta tabla fue que las emisiones a evaluar fueron consideradas como lo que son combustibles y no como proceso de combustión ya que, al estar en reparación o mantenimiento, durante ese lapso de tiempo se establece que los dispositivos mecánicos no están en funcionamiento.

### 4.3 Estimación de emisión de GEI

Para la estimación de emisiones en las fuentes y sitios enlistados durante la realización de esta investigación, se empleó la metodología estandarizada y publicada por la EPA, que a continuación se presenta:

$$E = A * EF * \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

Donde:

E: Emisiones

A: Tasa de actividad (diaria, semanal, mensual, etc.)

EF: Factor de emisión

ER: Eficiencia de reducción de emisión o eficiencia de abatimiento, % (EPA, 2016).

Las emisiones son estimadas para cada contaminante de acuerdo a cada proceso.

La tasa de actividad (A) se refiere al tiempo requerido para realizar la acción directamente relacionada con el proceso que genera la emisión, esto dado en unidades de tiempo.

Se establecieron jornadas de actividad diaria (24 hrs), respetando los horarios de servicio de cada estableciendo, es decir, si durante un día la fuente emisora está en funcionamiento un par de horas, ese lapso de tiempo será el tomado en cuenta para el cálculo de dicha emisión para ese día, proceso y establecimiento.

El factor de emisión (EF), fue seleccionado de las listas reportadas por el IPCC (Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero) esta selección se realiza de acuerdo a la fuente y al tipo de combustible usado para el proceso. La eficiencia de abatimiento (ER) es la representación porcentual de la disminución en la emisión a través del uso de un equipo de reducción de emisiones (Anónimo, 2015).

La eficiencia está dada en unidades porcentuales por lo que los valores son referenciales, debido a los diferentes factores que intervienen además de la posibilidad tanto logística como económica para poder obtener los valores exactos de eficiencia de cada uno de los equipos en reducción de emisiones implementados para cada proceso. Por lo que se establecerá un criterio general para la asignación de los porcentajes de eficiencia de los equipos y/o procesos involucrados en la actividad generadora de emisión. Este criterio establecido la Red de Transferencia de Tecnología, Centro de Información sobre la Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE.UU.-México, consiste en:

Equipos de control como cámaras de sedimentación, ciclones simples o atrapadores de partículas, se establece que tienen una eficiencia de control de 50% considerado para material particulado total.

Ahora cuando las fuentes disponen de equipos de control conformado por multiciclón, se considera que alcanza una eficiencia de control de un 75% para material particulado total. Existe también control de emisión con la operación de

filtros de mangas, estos cuentan con una eficiencia de 95% para material particulado y adicionalmente controla un 10% para mercurio.

Sin embargo, los porcentajes de eficiencia reportado por cada uno de los fabricantes especializados en el control de emisiones es variable y esto se debe a las condiciones de combustión, calidad de los combustibles, de la frecuencia de mantenimiento, tamaño de partícula emitidas y distintas variables asociadas al diseño, ubicación y orientación, por lo que los valores establecidos son sólo referencia para fines de las estimaciones.

Cuando no hay evidencia de que en el proceso exista control de emisiones se establece con un valor de 0 (cero).

Para la conversión de los datos de emisión a tonCO<sub>2</sub>eq es necesario conocer el potencial de calentamiento global para los GEI, presentados a continuación:

CO<sub>2</sub> → 1

N<sub>2</sub>O → 265

CH<sub>4</sub> → 28

El potencial de calentamiento se multiplicará por el resultado de la emisión por el GEI correspondiente y así obtener un valor en unidades de tonCO<sub>2</sub>eq (GHGProtocol, s.f.).

#### **4.4 Clasificación de las emisiones por tipo de proceso y su distribución espacial**

Es indispensable contar con cifras para visualizar un panorama general del comportamiento de la entidad, este deberá de contar con clasificaciones o categorías en donde estén enlistados los diferentes giros comerciales presentes en el municipio.

Las actividades comerciales fueron seleccionadas en base al proceso de combustión a los que están asociados, además del combustible usado, GLP y carbón vegetal; para los sitios que lo consumen, estos serán parte de los criterios a

evaluar, los resultados de la evaluación de los establecimientos estarán directamente a la emisión correspondiente.

La información generada de las estimaciones de las emisiones fue indispensable para generar mapas de emisión, que permiten mostrar de una forma gráfica y explícita, las cantidades de emisión en zonas puntuales de la entidad, el procesamiento de los resultados en formato gráfico se realizó con ayuda del software de mapeo, modelación y análisis de datos: SURFER 15. Con los mapas es posible realizar un análisis de zonas de mayor vulnerabilidad para la población de interés.

Primero se identificó la ubicación geográfica de cada uno de los establecimientos y con esta información se creó una hoja de cálculo específica para cada categoría.

Las coordenadas geográficas de los establecimientos fueron procesadas con el software Microsoft Excel para crear una hoja de cálculo (base de datos), al organizar la información basado en el nombre del comercio y las coordenadas (Longitud y Latitud). Se procede a guardar la base de datos como tipo de archivo con extensión CSV delimitado por comas, este formato es legible para la plataforma GOOGLE EARTH PRO (GEP) por lo que fue posible crear una plantilla en el mapa mostrando puntos que representarán cada uno de los comercios, la ubicación de los comercios fue muy importante. Porque con la ayuda de SURFER 15, se importaron los mapas de emisión y de relieve para poder asociar la emisión generada con la información de los sitios estudiados que estén generando la emisión mostrada en los mapas de emisión.

Cargando la información necesaria para la generación de los mapas a partir de la hoja de cálculo que contiene las coordenadas geográficas de cada uno de los establecimientos, nombre, y el resultado de la emisión en Ton CO<sub>2</sub> eq, por lo que el software procesa cada uno de los datos contenidos y crea un archivo de grilla configurado para generar el mapa necesario de emisión de la región en cuestión, el tamaño de la plantilla del grilla es determinado automáticamente basado en la geolocalización de los puntos cargados de la base de datos distribuidos en el municipio. Con el mapa generado es posible cargar información específica e

importante como es georreferenciar propiamente el mapa, la acción permitirá al software poder importar el mapa creando un archivo legible para la plataforma de GEP, gracias al asistente de importación de la plataforma, facilitando la importación de la información y ubicando el mapa correctamente en el hemisferio correspondiente. Procedimiento realizado una vez concluido cada uno de los procedimientos de estimación descritos a continuación.

#### **4.4.1 Procedimiento de estimación de emisiones**

La estimación de cada una de las categorías mencionadas en “2.2.3 Sectores económicos”, se realizó de acuerdo a formula general mostrada en “4.4 Estimación de emisión”, cada uno de las variables fue tratada de acuerdo al tipo de comercio que se estuviese estimando. Para el caso de los factores de emisión, de acuerdo al IPCC este menciona que para estimaciones de nivel 1 para categorías de fuente es posible usar los mismos factores de emisión.

Por lo que se consideraron los siguientes criterios:

- a. Tipo de combustible usado
- b. Proceso donde es usado el combustible
- c. Tiempo de uso del combustible
- d. Capacidad de los tanques de almacenamiento del combustible
- e. Cantidad en consumo diario de combustible
- f. Frecuencia de reabastecimiento de combustible
- g. Capacidad de poder calorífico del combustible
- h. Densidad del combustible
- i. Periodo de estudio

#### **4.4.2 Procedimiento para *cafetería, hotelería, restaurante y servicios de comida* consumiendo combustible GLP:**

- I. La tasa de actividad diaria (A), comprende el horario de actividad del comercio de horas al día y dentro de este horario solamente

consideramos el tiempo en que es usado el GLP propiamente, este valor es multiplicado por el periodo de estudio, que corresponde a la tasa de actividad mensual.

$$A = \text{tasa de actividad diaria} * \text{Periodo de estudio}$$

- II. El factor de emisión (EF), valor multiplicado por el consumo diario del combustible (CDC) y el poder calorífico del combustible (PCC), valores resultantes en unidades de TonCO<sub>2</sub>eq.

$$EF = \text{Factor de emisión} * CDC * PCC$$

El dato de consumo diario se obtuvo de la siguiente manera:

$$CDC = \text{Capacidad de tanque de combustible} * \text{Consumo diario} * 24 \text{ horas}$$

El CDC nos arroja el valor del consumo horario durante el día y el valor calorífico del combustible en unidades correspondiente al factor de emisión fue tomado de acuerdo las propiedades físico-químicas del GLP.

- III. La eficiencia de reducción de emisiones o eficiencia de abatimiento (ER), no es más que la reducción porcentual de emisiones debido a uso o aplicación de alguna tecnología de control de gases y partículas.

El procedimiento descrito debe de ser realizado y repetido para cada tipo de gas, por lo que el EF debe de ser diferente por cada gas estimado.

- IV. La emisión propiamente se podrá calcular teniendo cada una de las variables descritas. No obstante, el valor resultante de emisión no es representado como tal, a este valor es necesario aplicar un factor de corrección para así homogeneizar las unidades correspondientes a GEI (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), esto se logra aplicando los valores del potencial de calentamiento global (PCG) correspondiente para cada uno de los gases GEI estimados, por lo que el cálculo deberá de ser repetido para cada tipo de gas, esta modificación arrojará el resultado en unidades de TonCO<sub>2</sub>eq.

$$E_{CO_2eq} = E * PCG$$

El valor final de cada uno de los GEI será acumulativo para cada establecimiento, es decir, se sumará el resultado de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, por lo que el valor resultante podrá ser presentado como único valor en TonCO<sub>2</sub>eq de GEI.

- V. Para los gases CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, TOC el procedimiento es muy similar con la diferencia que a estos no es posible aplicarles la conversión a toneladas eq, simplemente porque no son GEI, por lo que el resultado se presenta en unidades de masa emitidos a la atmosfera.

Nota: Para el caso de los establecimientos del área *restaurante* que usan carbón para la cocción de sus productos la metodología fue la misma, obviando que los factores de emisión deben de ser los correspondientes para tal tipo de combustible, así como los datos necesarios para satisfacer las variables, por lo que los valores para está, deben de estar en unidades de masa consumida diaria de carbón, frecuencia de reabastecimiento, potencial calorífico; dentro de este apartado la forma en que se debe de procesar la información de los GEI y los otros gases es la misma descrita anteriormente.

#### **4.4.2 Procedimiento para servicios funerarios**

Debido a que su labor consiste en el manejo de cuerpos humanos con ayuda de hornos crematorios. Para la estimación de este apartado se tomó en cuenta que estos son establecimiento con altos controles de emisiones además de tener que cumplir con normas de higiene y seguridad para evitar que elementos patógenos se volatilicen a la atmósfera ocasionando un posible foco de infección por lo que las tecnologías de control de gases y partículas son las opciones para la reducción de emisiones.

- I. El dato de actividad (A) se obtuvo consultando en los establecimientos el tiempo que necesita la cremación de un cuerpo, aunque es un dato que varía de acuerdo a la masa corporal del individuo, el valor usado fue para la complexión de un individuo promedio.

$$A = \text{tasa de actividad diaria} * \text{Periodo de estudio}$$

- II. El factor de emisión (EF) fue seleccionado de acuerdo a los más cercano al manejo del cuerpo en el crematorio, debido a que no hay factores de emisión específicos para México estos fueron tomados de estándares internacionales. Especificaciones que fueron consideradas y reflejadas en el EF seleccionado. El EF se multiplico por el CDC que para el caso de este apartado es GLP ya que es el combustible usado, y multiplicarlo por el PCC.

$$EF = EF * CDC * PCC$$

Para calcular el CDC se requirieron los datos de capacidad de tanque GLP, tiempo de reabastecimiento y finalmente multiplicar por 24 horas para la corrección de unidades.

El PCC se obtuvo de las especificaciones físico – químicas del GLP considerando las unidades usadas en el EF.

- III. Para el cálculo y conversión de los resultados de emisión solo se consideró la estimación de GEI, el procedimiento usado es el descrito en el primer procedimiento, el resultado de la emisión es multiplicado por el valor del factor de calentamiento global correspondiente al GEI, para después sumar los valores de los GEI y presentar un solo valor global para este tipo de emisión.

#### **4.4.3 Estimación para talleres de reparación mecánica automotriz en sistemas a gasolina y diésel**

Las consideraciones básicas a tomar en cuenta fueron que estos establecimientos tienen un continuo contacto con combustible por lo que este se volatiliza al ambiente, otro punto es que los vehículos a reparar se consideran como emisiones de combustible almacenado con un criterio de consumo de combustible cuando la unidad en proceso de reparación es probada, otro criterio es que el vehículo no se mueve del establecimiento debido a que está en reparación.

- I. Tasa de Actividad (A) se calculó de la misma forma descrita en los procedimientos anteriores

- II. EL EF fue multiplicado por el consumo de litros por hora del combustible, la densidad y el PCC, la operación se realiza como fue descrito anteriormente.

La manera que se obtuvo el consumo de combustible fue tomando en cuenta la cilindrada del vehículo, si este cuenta con aire acondicionado con estos datos podemos calcular el consumo litros por hora del combustible en ralentí (motor en funcionamiento estando detenido y sin aplicar carga al motor), para un motor de cuatro cilindros su consumo es de 0.6 l/h y con aire acondicionado es de 0.9 l/h, para el caso de motor de ocho cilindros el consumo es de 0.9 l/h y con aire acondicionado es de 1.2 l/h en ralentí; dato obtenido de especificaciones de vehículo considerando que este se encuentra en óptimas condiciones. Para el dato de PCC se obtuvo de información técnica de las propiedades del combustible.

- III. Para la estimación de la emisión se consideró únicamente el CO<sub>2</sub> por lo que el resultado de emisión de cada establecimiento es convertido a Ton CO<sub>2</sub> eq como ha sido descrito con anterioridad.

Para el caso de los vehículos que usan diésel la metodología del cálculo es la misma, tomando en cuenta que los EF, densidad, consumo de combustible deben de ser correspondiente al tipo de combustible a estimar.

#### **4.4.4 Procedimientos para talleres con uso de soldadura**

Para esta categoría se consideró el tipo de máquina soldadora usada comúnmente por los talleres, el tipo de tecnología usada por el equipo, tipo de electrodo usado, composición del electrodo, tiempo de consumo del electrodo. Por lo que la información recabada fue de gran utilidad para poder realizar la estimación de esta categoría.

- I. El tiempo de actividad es calculado de la misma forma descrita con anterioridad
- II. El EF fue considerado de acuerdo al tipo de equipo soldador usado, también se consideró el tipo de electrodo usado, identificándolo con el código de identificación internacional, información que está incluida en las especificaciones del dispositivo de trabajo, además los electrodos que

normalmente son usados fueron señalados por el personal capacitado encargado del uso del dispositivo soldador, este es multiplicado por la cantidad de electrodos consumidos por hora por el período de estudio.

- III. La ER fue determinada por la existencia de algún tipo de tecnología de control de gases y partículas para reducción de emisiones.
- IV. El cálculo propiamente de la emisión se realiza de acuerdo a la formula general descrita en el punto “4.4 Estimación de emisión”, el resultado de esta se presenta en las unidades en gramos del tipo de gas emitido por hora. La información de ubicación de las escuelas se obtuvo con ayuda de la plataforma DENUE, filtrando la categoría de niveles escolares.

#### **4.5 Cálculo de incertidumbre**

Para realizar el cálculo de incertidumbre se siguió la metodología descrita por Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC):

Una buena práctica es la determinación de incertidumbre de inventario de emisiones de gases efecto invernadero, por lo que es recomendable considerar:

- ✓ Planeación estructural y de proceso para la clasificación y conceptualización de las categorías involucradas
- ✓ La representatividad de las muestras, estratificando de acuerdo a sus características
- ✓ La recopilación de información, reduciendo el error con un tamaño muestral más amplio
- ✓ Clasificación detallada de las categorías, según giro comercial, proceso y combustible usado

Al identificar las causas de incertidumbre, se procedió analizar la información de la base de datos, y las técnicas utilizadas para la captura de información.

Para los datos de actividad, se realizó un censo, obteniendo la información asociada a los procesos, como fueron:

- ✓ Horarios de actividad del establecimiento

- ✓ Horarios de actividad del proceso de combustión
- ✓ Cantidad de combustible usado
- ✓ Ciclos de reabastecimiento de combustible

La información se asoció a datos de actividad, logrando la representatividad más cercana a la realidad, de esta manera la metodología implementada desarrolle un patrón sistematizado. Por lo que en la siguiente tabla se establece el rango de incertidumbre para técnica de sondeo propuesto por el IPCC (2006):

Tabla 5. Rango de incertidumbre asociado a datos de actividad

| Nivel de incertidumbre asociado a datos de actividad |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Sector                                               | Sondeos   |
| Combustión comercial, institucional y residencial    | 10 – 20 % |

El intervalo de incertidumbre para factores emisión se consultó de organismos certificados, IPCC y EPA, considerando los límites máximos propuestos, se estableció que el intervalo indicado para cada gas evaluado es el más conservador:

Tabla 6. Rango de incertidumbre asociado a Gases Efecto Invernadero

| Nivel de incertidumbre asociado a factores de emisión |                        |
|-------------------------------------------------------|------------------------|
| Gas Efecto Invernadero                                | Rango de Incertidumbre |
| CO <sub>2</sub>                                       | 10 – 15 %              |
| N <sub>2</sub> O                                      | 10 – 20 %              |
| CH <sub>4</sub>                                       | 10 – 15 %              |

Fuente: (IPCC, 2006)

Cuando se determinaron los valores de incertidumbre, se realizó el cálculo para la el porcentaje de variación de la categoría a evaluar, aplicando la siguiente expresión matemática:

$$U_c = \sqrt{U_{FE}^2 + U_{DA}^2}$$

Fuente: (SEMARNAT-INECC, 2017)

Donde:

$U_c$  = Incertidumbre de las emisiones de la categoría evaluada

$U_{FE}$  = Incertidumbre de los factores de emisión para la categoría a evaluar

$U_{DA}$  = Incertidumbre de los datos de actividad para la categoría a evaluar

El procedimiento explícito:

- Se aplicó la raíz cuadrada a la sumatoria,
- La incertidumbre resultante del factor de emisión para la categoría a evaluar, elevada al cuadrado
- Y la incertidumbre resultante del dato de actividad para la categoría a evaluar, elevada al cuadrado

Procedimiento que se repitió en cada categoría, con los resultados se construyó una tabla resumen, tabla presentada más adelante.

Inmediatamente se realizó la determinación de incertidumbre combinada en función de las emisiones GEI, aplicando la fórmula expresión:

$$U_{CGEI} = \frac{(U_c * E_c)^2}{(\sum E_{IEGEI})^2}$$

Fuente: (SEMARNAT-INECC, 2017)

Donde:

$U_{CGEI}$  = Incertidumbre combinada en función de GEI para cada categoría

$U_c$  = Incertidumbre de la categoría a evaluar

$E_c$  = Total de emisiones de la categoría a evaluar

$\sum E_{IEGEI}$  = Total de emisiones del inventario

El resultado de la operación, fue el porcentaje de incertidumbre para el IE, finalmente en la Tabla 7, se presentó el valor de incertidumbre para cada rubro.

Tabla 7. Cálculo de incertidumbre de Inventario de Emisiones

| Categoría del IE                       | GEI a evaluar | Emisiones totales (Ton CO2 eq) | Incetidumbre Dato Actividad (%) | Incetidumbre Factor de emisión (%) | Incetidumbre Combinada (%) | Incetidumbre combinada en función a las emisiones (%) |
|----------------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1. Cafetería f. soda y similares       | CO2           | 41.660                         | 14                              | 12                                 | 20                         | 7.09E-07                                              |
|                                        | N2O           | 0.875                          | 19                              | 19                                 | 27                         | 4.20E-10                                              |
|                                        | CH4           | 0.002                          | 16                              | 10                                 | 19                         | 1.32E-15                                              |
| 2. Hoteles con servicio integral       | CO2           | 24.320                         | 16                              | 15                                 | 22                         | 2.65E-07                                              |
|                                        | N2O           | 0.054                          | 19                              | 19                                 | 27                         | 1.60E-12                                              |
|                                        | CH4           | 0.010                          | 11                              | 15                                 | 19                         | 3.97E-14                                              |
| 3. Hoteles sin servicio integral       | CO2           | 32.688                         | 14                              | 11                                 | 18                         | 3.89E-07                                              |
|                                        | N2O           | 0.073                          | 14                              | 14                                 | 20                         | 2.13E-12                                              |
|                                        | CH4           | 0.014                          | 15                              | 15                                 | 21                         | 8.17E-14                                              |
| 4. Moteles                             | CO2           | 18.860                         | 20                              | 13                                 | 24                         | 1.73E-07                                              |
|                                        | N2O           | 0.042                          | 16                              | 17                                 | 23                         | 8.36E-13                                              |
|                                        | CH4           | 0.008                          | 11                              | 11                                 | 16                         | 1.99E-14                                              |
| 5. Pensiones y casas huéspedes         | CO2           | 4.544                          | 12                              | 12                                 | 17                         | 7.16E-09                                              |
|                                        | N2O           | 0.010                          | 18                              | 14                                 | 23                         | 4.74E-14                                              |
|                                        | CH4           | 0.002                          | 13                              | 13                                 | 18                         | 1.37E-15                                              |
| 6. Restaurante con servicio a la carta | CO2           | 121.632                        | 16                              | 13                                 | 21                         | 6.23E-06                                              |
|                                        | N2O           | 2.554                          | 17                              | 15                                 | 23                         | 6.85E-08                                              |
|                                        | CH4           | 0.005                          | 15                              | 13                                 | 20                         | 2.35E-13                                              |
| 7. Restaurante de antojitos            | CO2           | 19.253                         | 18                              | 13                                 | 22                         | 3.74E-06                                              |
|                                        | N2O           | 0.404                          | 20                              | 15                                 | 25                         | 2.09E-09                                              |
|                                        | CH4           | 0.001                          | 11                              | 12                                 | 16                         | 3.95E-15                                              |
| 8. Restaurante pescado y marisco       | CO2           | 29.799                         | 19                              | 15                                 | 24                         | 1.06E-05                                              |
|                                        | N2O           | 0.626                          | 15                              | 16                                 | 22                         | 3.85E-09                                              |
|                                        | CH4           | 0.001                          | 12                              | 14                                 | 18                         | 1.22E-14                                              |
| 9. Restaurante comida para llevar      | CO2           | 1293.697                       | 15                              | 12                                 | 19                         | 1.17E-02                                              |
|                                        | N2O           | 1.378                          | 17                              | 15                                 | 22                         | 1.94E-08                                              |
|                                        | CH4           | 3.638                          | 13                              | 13                                 | 18                         | 8.80E-08                                              |
| 10. Restaurante tortas y tacos         | CO2           | 7.991                          | 12                              | 12                                 | 17                         | 3.61E-07                                              |
|                                        | N2O           | 0.139                          | 20                              | 17                                 | 26                         | 2.65E-10                                              |
|                                        | CH4           | 0.005                          | 12                              | 11                                 | 16                         | 1.12E-13                                              |
| 11. Restaurante autoservicio           | CO2           | 18.262                         | 12                              | 13                                 | 18                         | 2.13E-06                                              |
|                                        | N2O           | 0.383                          | 15                              | 18                                 | 23                         | 1.65E-09                                              |
|                                        | CH4           | 0.001                          | 10                              | 13                                 | 16                         | 3.61E-15                                              |
| 12. Restaurante otros para llevar      | CO2           | 38.864                         | 11                              | 14                                 | 18                         | 9.79E-06                                              |
|                                        | N2O           | 0.816                          | 18                              | 15                                 | 23                         | 7.47E-09                                              |
|                                        | CH4           | 0.002                          | 17                              | 11                                 | 20                         | 2.49E-14                                              |
| 13. Servicios sobre comida             | CO2           | 42.617                         | 12                              | 12                                 | 17                         | 1.07E-05                                              |
|                                        | N2O           | 0.895                          | 17                              | 17                                 | 24                         | 9.46E-09                                              |
|                                        | CH4           | 0.002                          | 10                              | 11                                 | 15                         | 1.62E-14                                              |
|                                        | CO2           | 57.903                         | 17                              | 13                                 | 21                         | 3.14E-05                                              |

| Categoría del IE         | GEI a evaluar | Emisiones totales (Ton CO2 eq) | Incertidumbre Dato Actividad (%) | Incertidumbre Factor de emisión (%) | Incertidumbre Combinada (%) | Incertidumbre combinada en función a las emisiones (%) |
|--------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 14. Servicios funerarios | N2O           | 0.415                          | 25                               | 15                                  | 29                          | 3.00E-09                                               |
|                          | CH4           | 0.016                          | 15                               | 14                                  | 21                          | 2.23E-12                                               |
| 15. Talleres automotriz  | CO2           | 219,424.97                     | 16                               | 20                                  | 26                          | 657.78                                                 |
| Total                    | Σ             | 221,189.43                     |                                  |                                     | Σ                           | 657.80                                                 |
|                          |               |                                |                                  |                                     | √657.80                     | 25.65                                                  |

Finalmente, al obtener la incertidumbre combinada en función de las emisiones, se suma la columna, y se aplica la raíz cuadrada de la sumatoria, el resultado de esta operación es la incertidumbre reportada para el Inventario de emisión de gases efecto invernadero. Cabe destacar que esta incertidumbre solo se consideró GEI debido a que no se contó con la información suficiente para realizar el cálculo para los gases criterio.

#### 4.6 Identificación de zonas de riesgo potencial

La información recopilada de todas las clasificaciones y categorías fue cargada en un entorno gráfico con información de ubicación de cada uno de los puntos de interés, así como la factibilidad de poder asociar las áreas de mayor emisión con las instituciones escolares, además de tomar en cuenta la distribución de los vientos y si estos tienen la capacidad de arrastras estas masas de aire contaminada a otras zonas para su disipación.

Las áreas con emisiones altas fueron en concentración de establecimientos comerciales que permitió que las emisiones generadas tuviesen un radio de alcance para escuelas de nivel básico, información disponible en archivo GEP de esta investigación en su versión digital.

La importancia de relacionar la generación de emisiones en zonas de emisión elevada es indispensable ya que la exposición constante y prolongada aumenta la probabilidad de comprometer las vías respiratorias de los infantes que se encuentran en las escuelas de nivel básico expuestas.

## 5 Resultados y Discusión

En este apartado se presentan los resultados de las estimaciones del inventario de emisiones, así como la proximidad que tiene la población escolar con respecto al área de afectación de los establecimientos y su comportamiento con respecto a la dirección y velocidad del viento.

En la Tabla 8 se muestra el resultado de las emisiones globales para los establecimientos y el número de sitios de cada categoría presentada. Además, las emisiones fueron reportadas en Ton CO<sub>2</sub> eq para GLP y carbón.

Por otra parte, se reportaron las emisiones para CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y TOC, mismas que se comparó el área de influencia con respecto a la ubicación de las escuelas de nivel básico.

Sin embargo, la categoría de talleres con uso de equipos de soldadura se cuantificaron gases específicos como Cr, Cr (VI), Co, Mn y Ni, por lo que este tipo de gases no fueron tomados en cuenta en el reporte global de emisiones, debido a que no es posible evaluarlos como GEI, por lo que se presenta la información con sugerencias en las conclusiones.

### 5.1 Resultado de las emisiones de GEI derivadas del uso de GLP y carbón

La emisión de GEI debidas al uso de GLP y carbón para las categorías cafetería, hotelería, restaurante y servicios fueron de 1,708.64 Ton CO<sub>2</sub> eq. En la tabla 8 se muestran los resultados por categoría, se calculó el porcentaje de incertidumbre por categoría, considerando distintos factores, variables, técnicas, procedimientos que se realizaron en la obtención de los datos de actividad, por otro lado se tiene un rango de incertidumbre de los factores de emisión, presentados en tablas por parte del IPCC, para el cálculo del error porcentual de la categoría, usando la metodología descrita en el punto 4.5 *Cálculo de incertidumbre*, el porcentaje de incertidumbre de las categorías se alcanzó para el IE, el 26%, considerando solamente los GEI, desde un punto conservador.

Tabla 8. Estimación de CO<sub>2</sub> eq debidas al uso con GLP y carbón

| Categoría          | Subcategoría                               | Cantidad (sitios) | Emisión total (Ton CO <sub>2</sub> eq) <sup>5</sup> | Emisión total carbón (Ton CO <sub>2</sub> eq) <sup>6</sup> | Emisión total (Ton CO <sub>2</sub> eq) | Incertidumbre (%) |
|--------------------|--------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
| <b>Cafeterías</b>  | 1. Cafeterías, fuentes de soda y similares | 239               | 20                                                  |                                                            | 42.54                                  | 20                |
| <b>Hotelería</b>   | 2. Hoteles con servicio integral           | 47                | 27                                                  |                                                            | 24.38                                  | 27                |
|                    | 3. Hoteles sin servicio integral           | 58                | 19                                                  |                                                            | 32.77                                  | 19                |
|                    | 4. Moteles                                 | 41                | 22                                                  |                                                            | 18.91                                  | 22                |
|                    | 5. Pensiones y casas huéspedes             | 20                | 27                                                  |                                                            | 4.56                                   | 28                |
| <b>Restaurante</b> | 6. Restaurante con servicio a la carta     | 289               | 19                                                  |                                                            | 124.19                                 | 24                |
|                    | 7. Restaurante Antojitos                   | 1,255             | 18                                                  |                                                            | 19.66                                  | 22                |
|                    | 8. Restaurante pescados y mariscos         | 109               | 20                                                  |                                                            | 30.43                                  | 24                |
|                    | 9. Restaurante comida para llevar          | 364               | 21                                                  | 1,233.75                                                   | 1,300.78                               | 28                |
|                    | 10. Restaurante tortas y tacos             | 837               | 24                                                  | 1.48                                                       | 8.14                                   | 25                |
|                    | 11. Restaurante autoservicio               | 61                | 23                                                  |                                                            | 18.65                                  | 26                |
|                    | 12. Restaurante otros para llevar          | 159               | 16                                                  |                                                            | 39.68                                  | 26                |
| <b>Servicios</b>   | 13. Servicio sobre comida                  | 207               | 17                                                  |                                                            | 43.51                                  | 22                |
|                    | 14. Servicios funerarios                   | 22                | 23                                                  |                                                            | 58.33                                  | 27                |
| <b>Total</b>       |                                            |                   |                                                     |                                                            | <b>1,766.53</b>                        |                   |

\*Correspondiente al periodo 17 de agosto a 17 de septiembre de 2017. Centro, Tabasco

<sup>5</sup> Emisión total de cada categoría correspondiente a la suma de los gases de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>.

<sup>6</sup> Emisión total de fracción emitida por carbón correspondiente a la suma de los gases CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>.

La tabla 8, presenta todos los establecimientos que usan GLP en su mayoría, además de contar con establecimientos que hacen uso combinado de los combustibles, GLP y carbón, por la naturaleza del carbón se esperaba que los establecimientos que lo usan, fuesen los que mayor generación de emisión alcanzaron, 1,233.75 Ton CO<sub>2</sub> eq dentro del periodo mensual del estudio realizado, para la categoría 9. *Restaurante comida para llevar*, aunado que otro de las categorías con uso de carbón es la 10. *Restaurante tortas y tacos* con una generación de emisión de 1.48 Ton CO<sub>2</sub> eq, llegando a un total de 1,235.23 Ton CO<sub>2</sub> eq, por otra parte aunque el combustible usado por preferencia y de mayor demanda es el GLP la generación de emisiones es menor en comparación con las emisiones registradas con carbón, es decir, el GLP es más limpio, hablando en términos de emisión de contaminantes, corroborado con los resultados arrojados para las categorías que usan este combustible dentro de los procesos y siguiendo la misma lógica, buscando las categorías de mayor emisión encontramos que la de mayor aportación es la categoría 6. *restaurantes con servicio a la carta* con 124.19 Ton CO<sub>2</sub> eq esto haciendo la suposición que tenemos una combustión completa; dentro del periodo agosto a septiembre y como se esperaba para los establecimientos que consumen carbón, mostraron los datos más altos en comparación con GLP.

Además de generar GEI con uso de carbón se emiten otros gases contaminantes, aunque en menor proporción, pero de igual forma son gases nocivos para la atmósfera, ecosistema y organismos vivos; dentro de estos otros gases encontramos, CO con una emisión mensual de  $3.90 \times 10^{-6}$  Ton, NO<sub>x</sub> emitió  $5.85 \times 10^{-5}$  Ton, TOC aportó 0.00465 Ton y por último SO<sub>x</sub> con 0.0205 Ton, estas aportaciones son de la categoría restaurantes, específicamente de los restaurantes de comida para llevar y restaurantes de tortas y tacos durante el periodo de estudio.

Comparando los mismos gases usando GLP tenemos emisiones mensuales de 12.65 Ton de CO, 21.78 Ton de NO<sub>x</sub>, 1.68 Ton de TOC y 0.73 Ton de SO<sub>x</sub> tomando en consideración que las emisiones son de las categorías de hotelería, específicamente 2. *hoteles con servicio integral*, 3. *hoteles sin servicio integral*, 4. *moteles* y por último 5. *pensiones y casas huéspedes*.

## 5.2 Resultados categoría talleres mantenimiento automotriz

En la Tabla 9, se muestran las estimaciones de los talleres que integran la categoría con el mismo nombre, en esta podemos observar el resultado de las emisiones por combustible y la cantidad de establecimientos por cada tipo de taller.

La estimación de GEI derivadas debido a talleres de mantenimiento vehicular fue de 219,424.97 TonCO<sub>2</sub> eq.

Tabla 9. Estimación de CO<sub>2</sub>eq debidas a talleres automotriz

| Categoría | Subcategoría                                             | Cantidad (sitios) | Emisión total Gasolina (Ton CO <sub>2</sub> eq) | Emisión total Diesel (Ton CO <sub>2</sub> eq) | Emisión total (Ton CO <sub>2</sub> eq) | Incertidumbre (%) |
|-----------|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
| Talleres  | Reparación y mantenimiento de equipos sistema a gasolina | 560               | 202,165.53                                      |                                               | 202,165.53                             | 26                |
|           | Reparación y mantenimiento de equipos sistema a diésel   | 43                |                                                 | 17,259.44                                     | 17,259.44                              |                   |
| Total     |                                                          |                   |                                                 |                                               | 219,424.97                             |                   |

\*Correspondientes al periodo 17 de agosto a 17 de septiembre de 2017. Centro, Tabasco

Además de las contribuciones en materia de emisiones a la atmósfera por GLP y carbón tenemos las contribuciones generadas por los talleres, pueden ser de tipo automotriz especialistas en sistemas a gasolina o sistemas a diésel. Los talleres registrados en el DENUE son de 560 y 43 talleres respectivamente. La emisión mensual para los talleres a gasolina es de 202,165.53 Ton CO<sub>2</sub> eq y para los talleres a diésel tenemos una generación de 17,259.44 Ton CO<sub>2</sub> eq, alcanzando una aportación acumulada de 219,424.97 Ton CO<sub>2</sub> eq mensual.

## 5.3 Resultados categoría talleres con uso soldadura

Para la categoría de talleres con uso de soldadura se consideraron 260 establecimientos en total, y que dentro de los procesos de trabajo usan diferentes tipos de electrodos para las labores de soldadura, sin embargo, tienen preferencia de algunos electrodos debido a que los trabajos realizados no requieren soldaduras especializadas con materiales específicos, aunque si se realizan este tipo de

labores especiales, los electrodos usados son E6010, E6011 y E6013, de acuerdo a la clasificación asignada por la Códigos de Clasificación de Fuentes (SSCs, por sus siglas en inglés).

De acuerdo a estas cifras las preferencias de uso se ven reflejadas en las aplicaciones y las especificaciones de los electrodos, es decir, de los 260 talleres, 10 talleres usan en mayor frecuencia electrodo E6010 que corresponde al 3.84% del total de talleres, el uso de electrodo E6011 es aplicado en 46 talleres que corresponde a 17.69% y, por último 204 establecimiento tienen preferencia por electrodo E6013 que es el 78.46% del total de talleres. Los electrodos tienen propiedades similares en cuanto a su composición de emisión, componentes emitidos por el uso del electrodo es mostrada en la Tabla 10.

Tabla 10. Estimación de gases peligrosos debido a uso de soldadura

| Categoría | Subcategoría                       | Cantidad (sitios) | Emisión total Cr (g) | Emisión total Cr (VI) (g) | Emisión total Co (g) | Emisión total Mn (g) | Emisión total Ni (g) |
|-----------|------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Talleres  | 17. Talleres hojalatería y pintura | 204               | 4.06                 |                           | 0.91                 | 958.22               | 2.03                 |
|           | 18. Talleres de torno y soldadura  | 56                | 1.48                 | 0.06                      | 0.26                 | 317.56               | 1.54                 |
|           | <b>Total</b>                       |                   | <b>5.54</b>          | <b>0.06</b>               | <b>1.17</b>          | <b>1,275.78</b>      | <b>3.57</b>          |

\*Correspondiente al periodo 17 de agosto al 17 septiembre de 2017. Centro, Tabasco.<sup>7</sup>

Los gases emitidos por labores de soldadura son contaminantes muy específicos, por lo que sería una buena práctica asociar las posibles afectaciones de gases peligroso en seres vivos y si esos contaminantes son transportados fuera de los sitios de trabajo, si causan alteraciones al ecosistema, si los contaminantes se degradan, si se acumulan en el suelo, aire o agua, son muchas incógnitas que habrá que realizar un proyecto con otro sentido al presente trabajo, ya que el interés de

<sup>7</sup> Las emisiones generadas dentro de este apartado corresponden a gases muy específicos debido a su naturaleza y volumen emitido, por lo que fue necesario presentarlas en gramos. Estos gases no se consideraron para la cuantificación global. Para fines de comparación se proporciona la equivalencia en tonelada del total de cada uno de los elementos de la Tabla 10. Cr (5.54 e<sup>-6</sup> Ton), Cr VI (6 e<sup>-8</sup> Ton), Co (1.17 e<sup>-6</sup> Ton), Mn (0.00127578 Ton), Ni (3.57 e<sup>-6</sup> Ton).

este documento es calcular las emisiones de los gases de efecto invernadero y asociar las emisiones con las instituciones escolares, apoyado de rosa de vientos y mapas de emisión con datos de ubicación de cada una de las fuentes y lógicamente las emisiones de cada establecimiento durante los horarios de trabajo.

Por último, tenemos la categoría de talleres que dentro del proceso de trabajo hacen uso de soldadura y debido a la naturaleza de los componentes que conforman los electrodos usados para realizar el trabajo, emiten gases muy específicos (Cr, Cr(VI), Co, Mn y Ni), gases que, aunque no se contabilizaron como parte del estudio, se consideraron presentándolos en los resultados debido a las posibles repercusiones que pudiesen tener en el medio ambiente circundante y la salud de los obreros. De acuerdo a un estudio realizado por el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología en la Habana, Cuba, menciona que en material particulado en el aire cabe la posibilidad de encontrar presencia de metales pesados tales como el Ni y Cr (metales de interés en el presente estudio), sin embargo, aún no se tiene conocimiento de los posibles efectos que estos metales o alguna de las diferentes especies químicas puedan provocar al medio ambiente, aunque muchos estudios indican que el carbono elemental es el causante de la mayor afectación a la salud. (Martínez Varona, Guzmán Vila, Pérez Cabrera, & Fernández Arocha, 2014)

Los valores de emisión con GLP aunque bajos en comparación con las emisiones de carbón, siguen causando impacto, ocasionando que la atmósfera aumente de temperatura causando gradualmente el efecto invernadero provocando estragos en cada una de las esferas ecológicas que comprende un ecosistema sustentable, o sea, observando un medio ambiente o ecosistema está generalizado por tres elementos, agua, aire y suelo, por lo que la esfera ecológica que comprende la atmósfera respirable y en donde se desarrollan varios de los ciclos biogeológicos en su porción aérea; otra esfera es la acuática, como su nombre lo sugiere esta comprende los cuerpos de agua, los ciclos y procesos que ahí se desarrollan, por último tenemos la esfera terrestre comprende una gran porción de los ecosistemas, ya que es donde se establece la flora y fauna principalmente integran esta esfera. La alteración de alguna de estas resultaría en la afectación de las otras de una manera u otra; Aunque los ecosistemas son sistemas en equilibrio, siempre están

en constante cambio al paso del tiempo se puede notar que llega a un estado sin cambios visibles aparentes por lo que es considerado como equilibrio.

#### 5.4 Resultado otros gases contaminantes para GLP

En la Tabla 11 se muestra el cálculo resultante de otros gases contaminantes como son el CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y TOC para cada una de las categorías que se exhibieron este tipo de gases contaminantes, debido a combustión con GLP.

Tabla 11. Estimación de emisiones de algunos gases criterio y TOC debido al uso de GLP

| Categoría    | Subcategoría                     | Cantidad (sitios) | Emisión total Ton CO | Emisión total Ton NO <sub>x</sub> | Emisión total Ton TOC | Emisión total Ton SO <sub>x</sub> |
|--------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Hotelería    | 2. Hoteles con servicio integral | 47                | 2.98                 | 5.17                              | 0.40                  | 0.18                              |
|              | 3. Hoteles sin servicio integral | 58                | 5.02                 | 8.69                              | 0.67                  | 0.30                              |
|              | 4. Moteles                       | 41                | 2.89                 | 5.02                              | 0.39                  | 0.16                              |
|              | 5. Pensiones y casas huéspedes   | 20                | 1.67                 | 2.90                              | 0.22                  | 0.09                              |
| <b>Total</b> |                                  |                   | <b>12.56</b>         | <b>21.78</b>                      | <b>1.68</b>           | <b>0.73</b>                       |

\*Correspondiente al periodo 17 de agosto al 17 de septiembre de 2017. Centro, Tabasco

#### 5.5 Resultado otros gases contaminantes para carbón

La Tabla 12 es un anexo de la Tabla 11, donde se presentan los establecimientos con emisiones de otros gases debido a la combustión de carbón.

Dentro de la categoría de restaurante se estimaron las emisiones de algunos gases criterio como son CO con una emisión de 3.9 E-06 TonCO<sub>2</sub> eq, NO<sub>x</sub> con 5.8 E-05 TonCO<sub>2</sub> eq, SO<sub>x</sub> con 0.020 TonCO<sub>2</sub> eq y finalmente TOC con 0.0046 TonCO<sub>2</sub> eq.

Tabla 12. Estimación de algunos gases criterio y TOC debido al uso de carbón

| Categoría    | Subcategoría                     | Cantidad (sitios)      | Emisión total carbón Ton CO | Emisión total carbón Ton NO <sub>x</sub> | Emisión total carbón Ton TOC | Emisión total carbón Ton SO <sub>x</sub> |
|--------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| Restaurante  | 9.Restaurante comida para llevar | 364 (111) <sup>8</sup> | 3.89445E-06                 | 5.84167E-05                              | 1.94722E-06                  | 8.60673E-06                              |
|              | 10.Restaurante tortas y tacos    | 837 (4) <sup>9</sup>   | 4.67748E-09                 | 7.01622E-08                              | 0.00465                      | 0.020553                                 |
| <b>Total</b> |                                  |                        | <b>3.89913E-06</b>          | <b>5.84869E-05</b>                       | <b>0.004651947</b>           | <b>0.020561607</b>                       |

\*Correspondiente al periodo 17 de agosto al 17 de septiembre de 2017. Centro, Tabasco

La gran diferencia de comparar estos últimos es la cantidad de establecimientos, es decir para los sitios que usan carbón tenemos un grupo de 1,201 comercios y para el caso de establecimientos que usan GLP son 166 sitios que generan gases de CO, NO<sub>x</sub>, TOC y SO<sub>x</sub>.

## 5.6 Identificación de zonas de mayor emisión

A través del inventario de emisiones y en conjunto con la base de datos condensada de toda la información obtenido a lo largo del periodo de estudio, fue posible realizar una serie de mapas de emisión en donde se analiza el destino de los GEI, presentadas en unidades de Ton CO<sub>2</sub> eq, que a pesar de ser gases que tienen una influencia directa al medio ambiente ocasionando que la temperatura vaya en aumento gradualmente al paso del tiempo, provocando condiciones propicias para el desarrollo de eventos naturales con un mayor nivel de afectación a la población, por lo que podemos intuir que los GEI tienen una afectación indirecta a la seguridad y salud, tanto del ecosistema como a los habitantes de la ciudad y zonas aledañas.

<sup>8</sup> Número de establecimientos que aportaron emisiones con uso de carbón

<sup>9</sup> Número de establecimientos que aportaron emisiones con uso de carbón

En la Figura 5 se muestra el nivel de emisión que tienen todos los gases de efecto invernadero en el municipio de Centro, y poder observar donde se localizan las zonas más problemáticas.

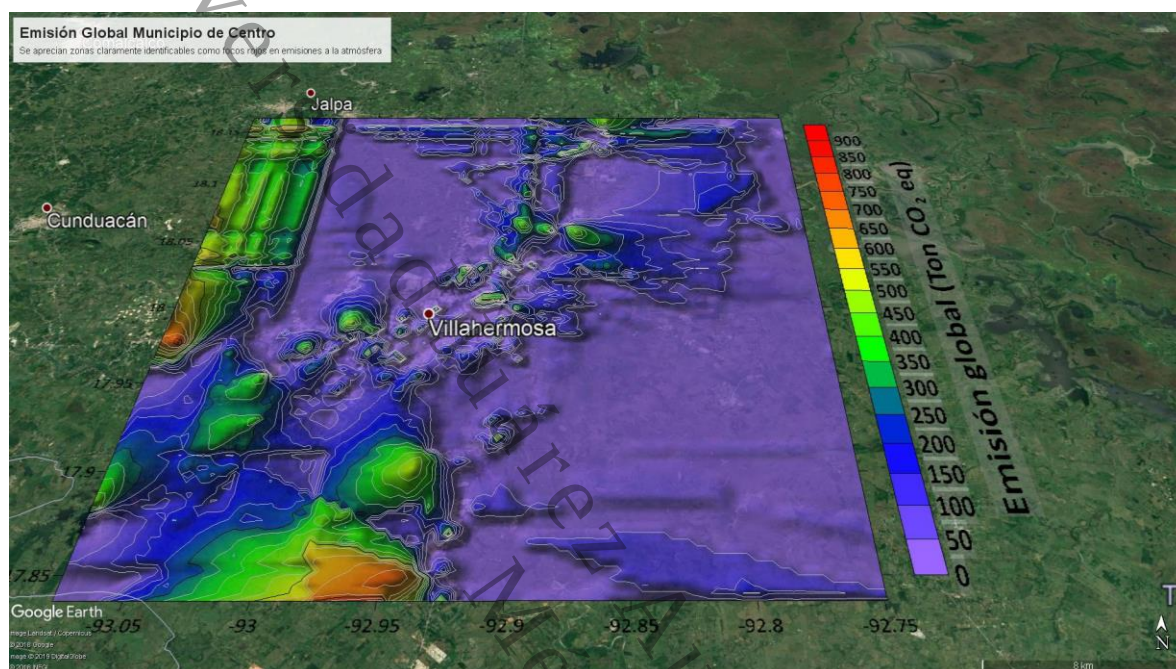


Figura 5. Distribución de las emisiones generadas del municipio de Centro durante el periodo de estudio

Además de marcar las zonas problemáticas, es posible identificar cual o cuales son los establecimientos asociados a los niveles altos de emisión, por lo que con la información se pueden realizar planes de mitigación de emisiones o programas de regularización de gases y partículas contaminantes o en su defecto apoyos para facilitar a los comerciantes poder cumplir con la normatividad.

Por otro lado, el efecto que tiene los vientos con el movimiento de las masas de contaminantes es importante ya que este factor determinaría si la cantidad de emisiones es transportada de un lugar a otro o si esta permanece estacionaria; la manera más sencilla de poder determinar el estatus del movimiento de contaminantes es con ayuda de la dirección y velocidad del viento, con estos datos podemos procesar la rosa de vientos.

En la Figura 6 se muestra la ubicación de la rosa de vientos, así como la dirección y velocidad en metros sobre segundo durante el periodo de agosto - septiembre. Se representa el comportamiento de los vientos, a través de la estación meteorológica en la ciudad de Villahermosa, con coordenadas longitud Oeste  $92^{\circ}55'59''$  y latitud Norte  $17^{\circ}58'59''$ .

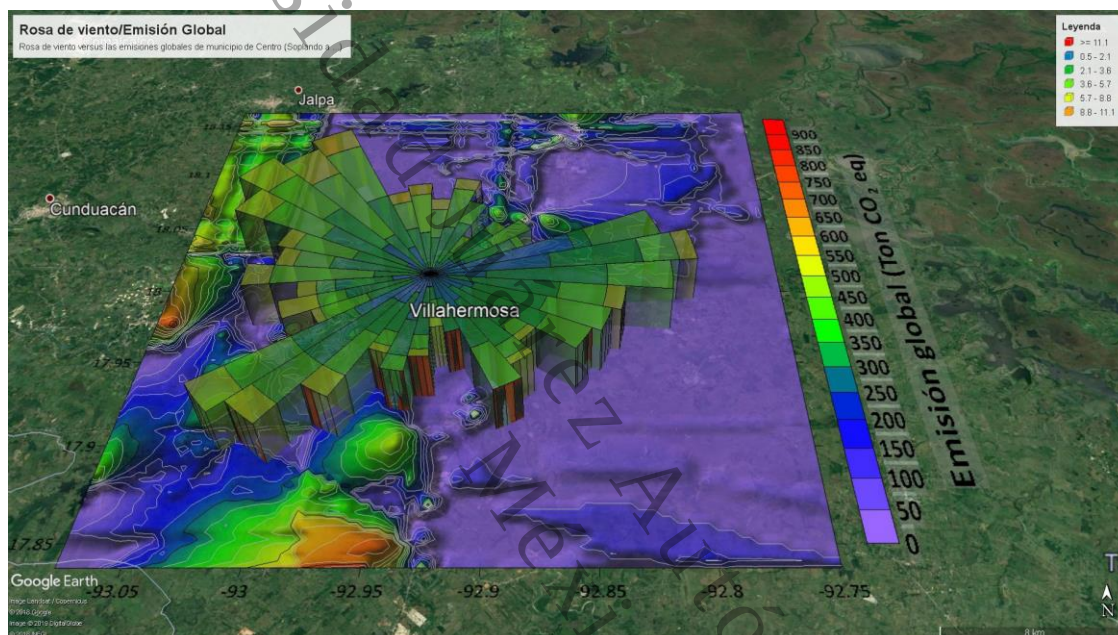


Figura 6. Análisis de transporte de emisiones con rosa de vientos correspondiente al municipio de Centro

Como se observa en la Figura 5, se puede identificar claramente dos zonas en coloración roja indicando que la emisión es alta y comparando estos datos con la influencia que tienen los vientos dominantes (porciones largas de la rosa de vientos) con la ubicación de los puntos de mayor emisión, podemos discernir que es muy poca o nula, ya que estos no soplan en dirección a las zonas rojas y podemos considerar que las emisiones están estáticas en las zonas identificadas.

Anteriormente se mencionó que la Figura 5, se trata de un mapa de emisión global del municipio de Centro, este mapa está conformado con la información de cada una de las categorías antes mencionadas a excepción de la subcategoría Talleres de soldadura, es decir los talleres de torno y soldadura junto con los talleres de hojalatería y pintura. Los mapas de emisión en unidades de Ton CO<sub>2</sub> eq para cada una de las categorías, estarán disponibles en archivo digital en formato GEP, de

una manera más dinámica es posible visualizar las áreas de una forma más detallada.

## 5.7 Análisis comparativo de zonas de mayor emisión contra zonas escolares

A continuación, se muestra un análisis comparativo de las zonas que incurren en la generación de emisión más alta (de acuerdo al límite inferior y superior de la emisión) con la ubicación de las escuelas de nivel preescolar hasta nivel secundaria. Los gases analizados son el CO, NOx, TOC y SOx.

### 5.7.1 Análisis emisión de CO y su relación con las cercanías a escuelas

En la Figura 7 podemos observar que las emisiones más altas para CO, se localizan dentro de la ciudad de Villahermosa en unidades de toneladas al mes de material contaminante emitido a la atmósfera. Cabe mencionar que el mapa presentado está integrado por emisiones tanto de establecimientos que usan GLP como los que usan carbón.

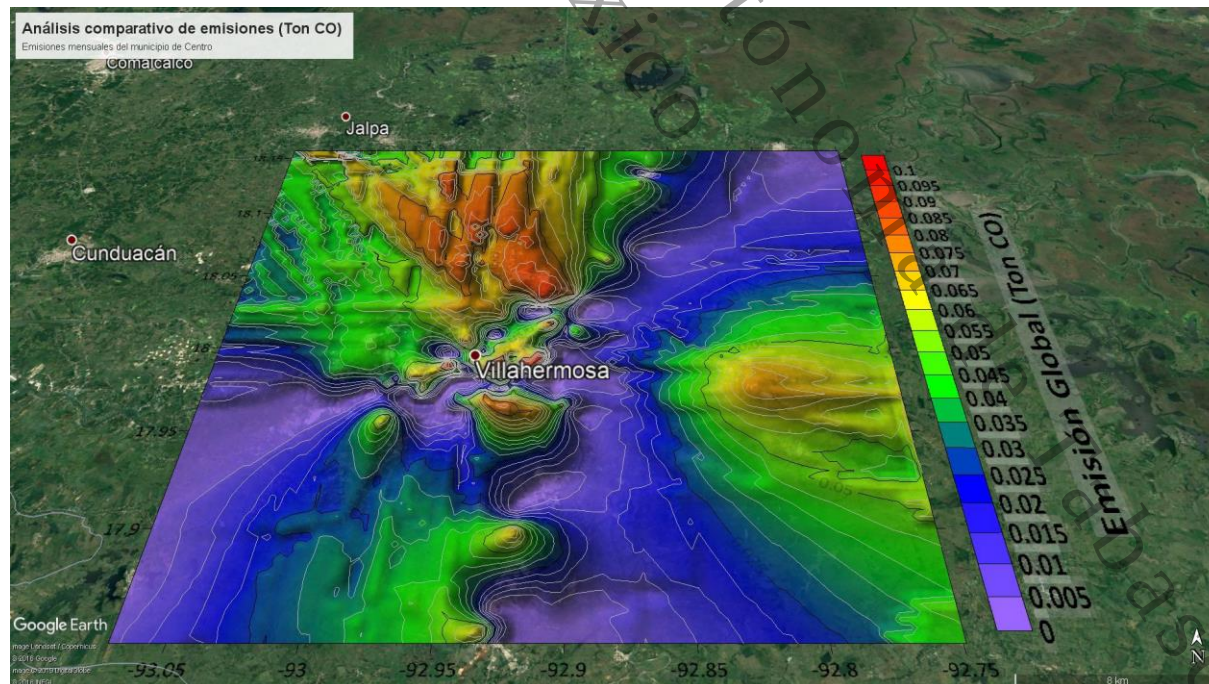


Figura 7. Distribución de las emisiones globales correspondientes a CO durante el periodo de estudio

Por lo que localizando las zonas de mayor emisión es posible identificar la cantidad de establecimientos que son responsables de alcanzar los índices altos de

contaminación en la gráfica, sin embargo, estos niveles deben de ser comparados de acuerdo a la normatividad vigente y así determinar si la población expuesta corre riesgo a la salud.

Como se observa en la Figura 7, se visualizan tres zonas con altos niveles de emisión de acuerdo a los límites de la gráfica; la primera y de mayor dimensión se localiza al norte de la Figura 7, la segunda y de poco menor tamaño que la primera y con menor emisión se localiza al este de la Figura 7 y por ultimo encontramos otra zona de menor dimensión en el centro de la Figura 7, sin embargo, la zona central se integra por 4 puntos de emisión alta, Figura que se presentará más adelante.

La movilización de los contaminantes es de suma importancia, ya que de esta manera podemos determinar si las emisiones pueden estar “estáticas” o ser transportadas a otras zonas por efecto de los vientos, por lo que en la siguiente Figura se presenta las emisiones de CO en toneladas al mes y la rosa de vientos.

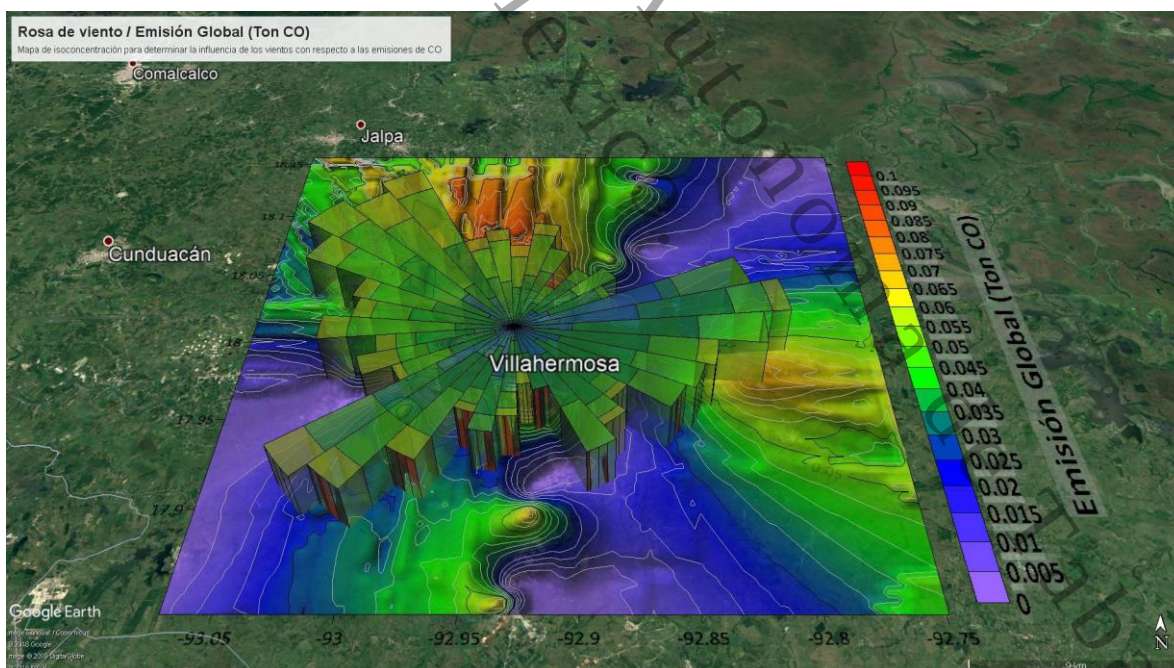


Figura 8. Análisis de distribución de emisiones globales de CO y la influencia de la rosa de rosa de vientos

Ahora se integra la ubicación de las zonas escolares de la ciudad de Villahermosa, y así poder identificar las posibles escuelas vulnerables que estén dentro del área de mayor emisión.

Una vez localizadas las escuelas dentro de las áreas de mayor emisión, se relacionó la emisión con el límite máximo permisible según la norma vigente, si es que es aplicable para el tipo de gas presentado.

Los niveles educativos a tomar en cuenta están clasificados en escuelas particulares y escuelas públicas con un total de 428 escuelas; estas a su vez están subclasificadas en los niveles preescolar, primaria y secundaria, es decir, 174, 160, 44, respectivamente. Otro factor que se tomó en cuenta fue si la escuela es solo de un tipo de nivel educativo o si está ofrece todos los niveles educativos, si fuese el caso, a este tipo de instituciones educativas se les denomina escuelas de niveles combinados ya sea para escuelas públicas o particulares con 4 y 46 escuelas de nivel combinado respectivamente.

En la Figura 9 presenta las escuelas con respecto a las zonas de emisión.

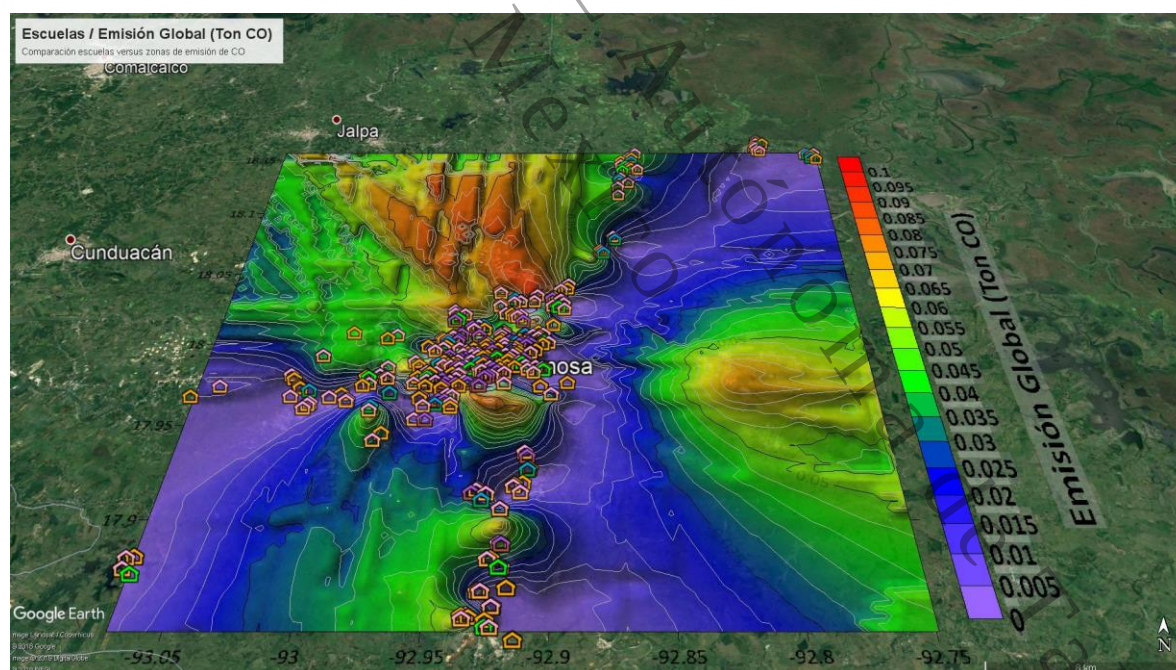


Figura 9. Las 428 escuelas distribuidas en el municipio de Centro

Como se aprecia en la Figura 9 la mayor parte de las instituciones están concentradas en el centro del mapa por lo que de acuerdo a esto es lógico decir que se encuentra distribuidas en el centro de la ciudad de Villahermosa, así que se realizará la identificación de las zonas escolares que estén dentro del área de mayor emisión.

Con la ubicación e identificación de las escuelas más vulnerables es recomendable realizar monitoreos en las zonas para establecer los niveles de CO a los que están expuestos durante las horas de clases o durante los horarios de desayuno y almuerzo, momento en lo que los alumnos salen al aire libre a tomar sus alimentos, podemos decir que este sería el instante de mayor vulnerabilidad a los que pueden estar expuestos. Con los monitoreos podemos identificar, si estos niveles son comparables con los obtenidos en este documento.

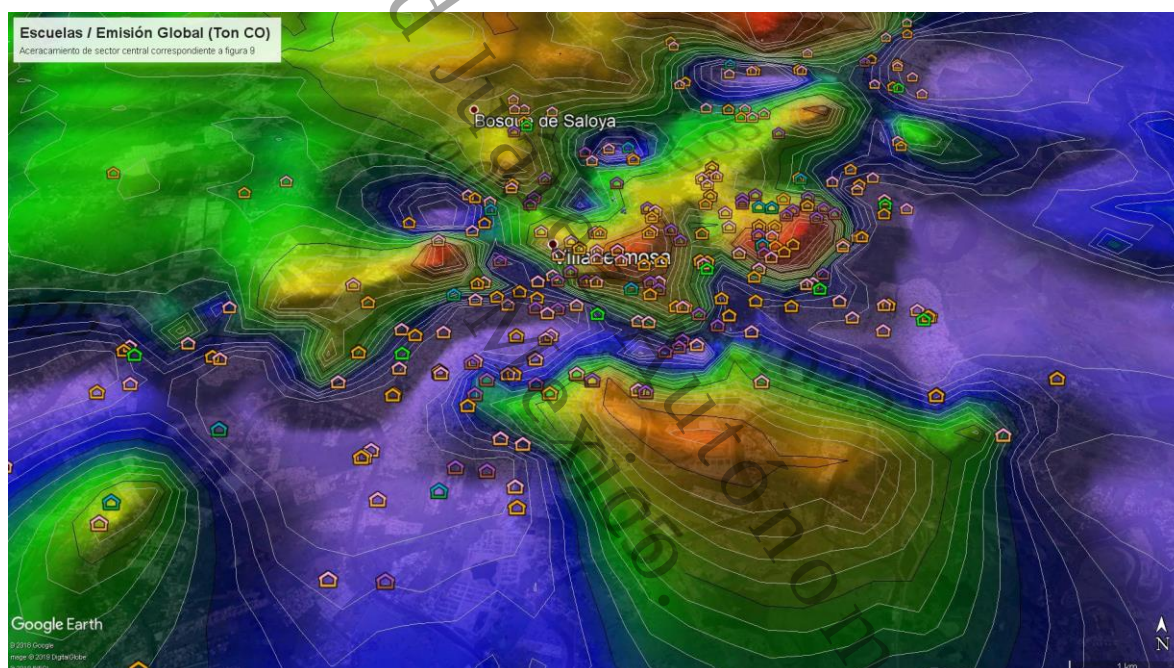


Figura 10. Distribución de escuelas versus distribución de las emisiones a las que están expuestas

Los niveles máximos y mínimos para monóxido de carbono en toneladas al mes son de 0.996 y  $8.946 \times 10^{-10}$  respectivamente, por lo que si hacemos la conversión de unidades a  $\mu\text{g}/\text{hora}$  obtenemos un valor de 138,375,000.00  $\mu\text{g}/\text{hora}$  este valor dividido en un volumen de  $1000 \text{ m}^3$  obtenemos un valor de 138,375  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por hora superando el límite máximo permisible establecido por la NOM-021-SSA1-1993, es decir, 11 ppm o su equivalencia a 12,595  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, esta normatividad es para inmisión y no es una comparación viable, pero al no existir un valor adecuado para cotejar es un punto de partida; por lo que se debe de considerar la influencia que tienen los vientos; de acuerdo a la rosa de vientos para la zona central cruza

viento dominante de noroeste a sureste con velocidades máximas que van de 5.7 a 8.8 m/s.

### 5.7.2 Análisis emisión $\text{NO}_x$ y su relación con las cercanías a escuelas

El orden en que se realiza la comparación para gases  $\text{NO}_x$  se hará en el mismo orden en que se presentaron los resultados de monóxido de carbono.

En la Figura 11 se muestra la distribución de las emisiones globales  $\text{NO}_x$  del municipio de Centro.

Como se observa se puede apreciar y en comparación con el mapa de emisión de CO, las similitudes son muy grandes, debido en primer lugar porque las emisiones de estos gases son de categorías similares, aunque si se observa bien hay diferencias sutiles entre algunas zonas, que al parecer tienen las mismas áreas y/o volúmenes de emisión, cuando en realidad no es así, por ejemplo, las cantidades en toneladas mensuales son distintas.

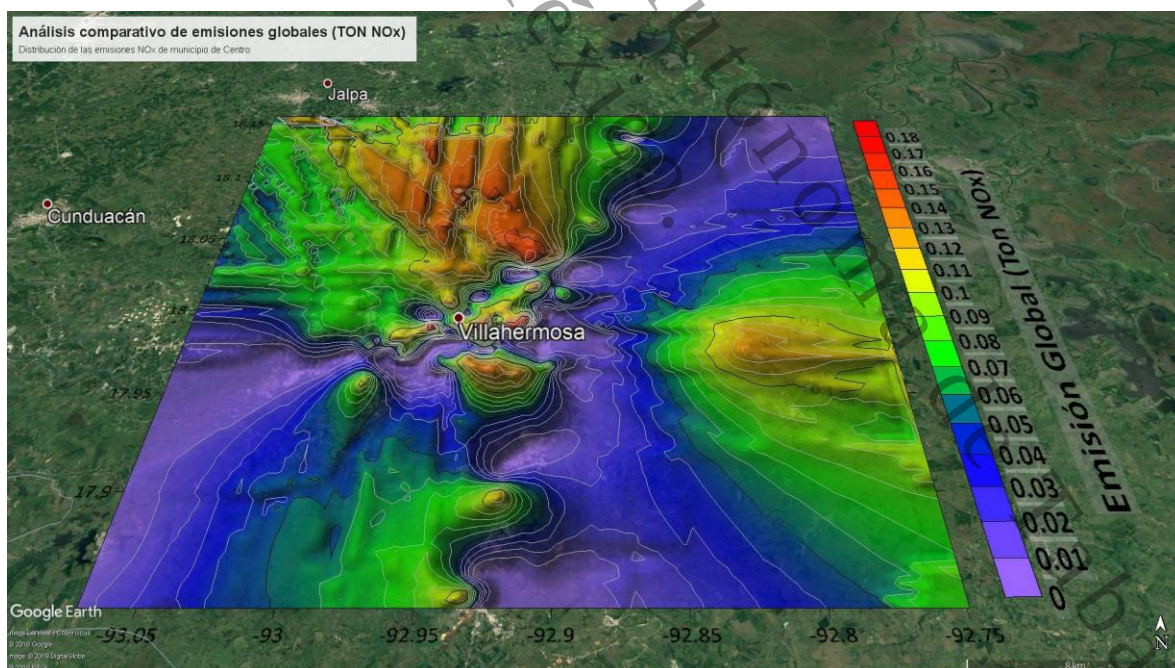


Figura 11. Distribución de emisiones  $\text{NO}_x$  correspondiente al 17 de agosto al 17 de septiembre de 2017

En la Figura 12 se integra la rosa de viento para determinar si, los vientos dominantes son capaces de transportar las emisiones a otras zonas o si estos tienen alguna influencia en las áreas de mayor emisión.

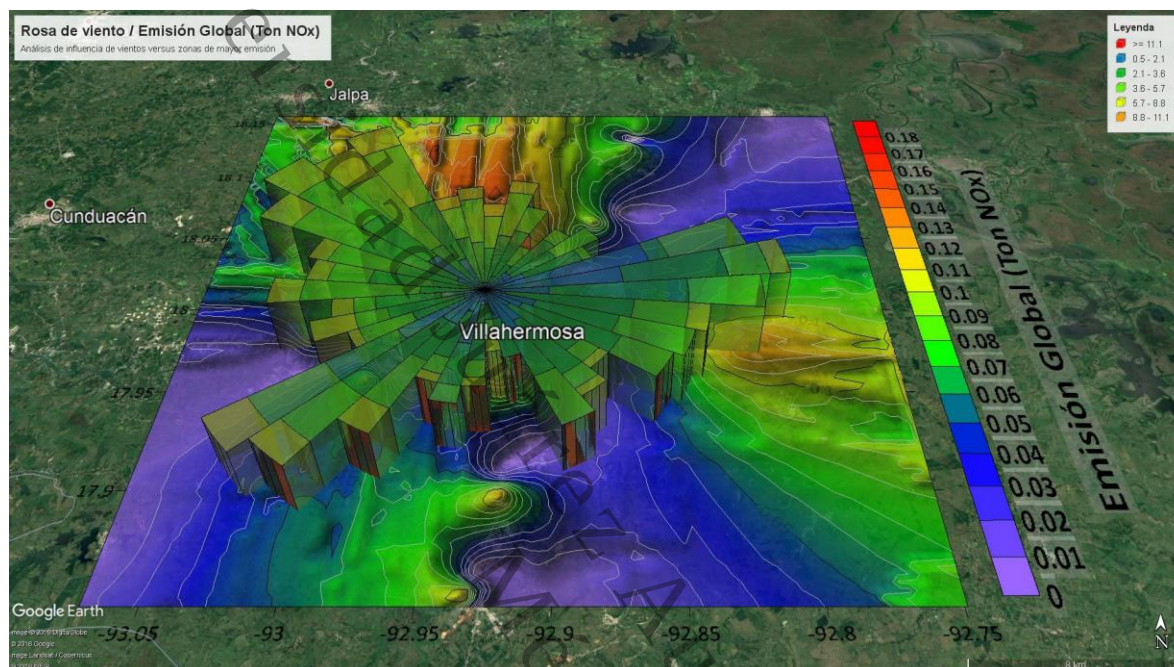


Figura 12. Análisis de influencia de vientos en el transporte de emisiones, con rachas de 5.7 a 8.8 m/s en dirección NE

Como se observa en la Figura 12, hay vientos dominantes que va de suroeste a noreste con velocidades máximas de 5.7 a 8.8 m/s indicando que estos vientos atraviesan la ciudad abarcando la zona centro y una porción de la zona norte (zona con la mayor emisión, registrada), la porción restante hay existencia de vientos con rachas de velocidad media, pero con la posibilidad que las emisiones altas de esa porción no logren ser transportadas a otros sitios, señalando que estas emisiones quedan estáticas en esa porción de la ciudad.

En la Figura 13 se presentan las emisiones globales en toneladas al mes NOx en contraste con la ubicación de las zonas escolares, niveles de preescolar a secundaria, para poder identificar que instituciones están más expuestas a las emisiones.

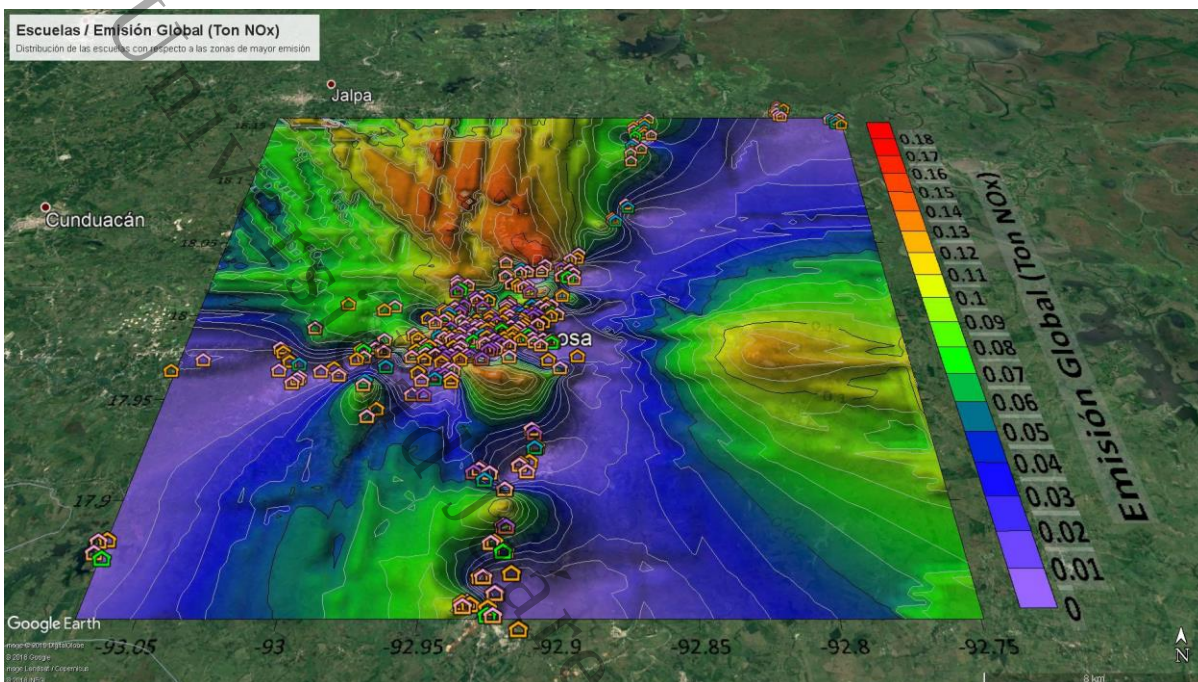


Figura 13. Distribución de 428 escuelas con respecto a las emisiones mensuales de NOx

Como sucedió en el análisis de las emisiones de monóxido de carbono la mayor concentración de las escuelas se localiza en el centro, misma zona donde existen áreas de emisiones altas y de igual manera se aprecia que una porción de la zona de mayor emisión se ubican algunas escuelas que alcanzan una exposición de emisión elevada de NOx de acuerdo a la escala que usa la gráfica, posteriormente se debe de corroborar este nivel con los marcados en la norma vigente. Para un análisis más evidente se hará un acercamiento de la zona central abarcando la porción del área más grande de emisión.

En la Figura 14 se muestra un acercamiento de la zona central de la ciudad abarcando las zonas de mayor emisión mostradas en figuras anteriores.

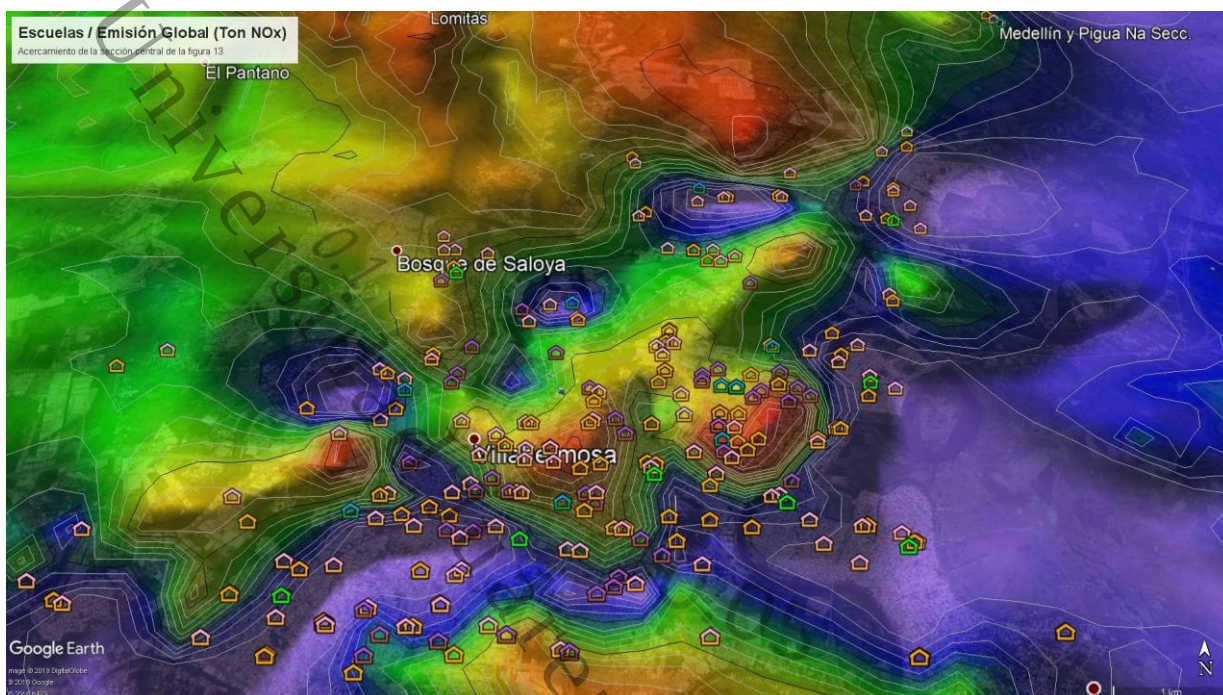


Figura 14. ampliación la presencia de escuelas con respecto a las áreas de mayor emisión en la Figura 13

Por lo que los niveles en zonas de alta emisión alcanzan 0.17270 toneladas al mes de gases NOx, sin embargo, existe la norma oficial mexicana, NOM-023-SSA1-1993, especifica límite máximo permisible para NO<sub>2</sub>, norma para regular la generación de este compuesto gaseoso, pero no es aplicable debido a que es una norma para inmisión y la cuantificación realizada para este estudio es de emisión. Sin embargo, estas cifras sirven de indicativo para proponer un monitoreo dentro del área de emisión claramente marcado en la Figura 14, por lo que por medio del monitoreo será posible determinar si los niveles máximos permisibles para gases NO<sub>2</sub> son superados. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud establece que los valores señalados en las directrices son de 400 µg /m<sup>3</sup> para la media anual y 200 µg /m<sup>3</sup> para la media horaria (OMS, 2016).

### 5.7.3 Análisis emisión TOC y su relación con las cercanías a escuelas

Otro de los contaminantes son los compuestos orgánicos totales, presentes junto al monóxido de carbono habitualmente asociado a combustión de carbón o una combustión deficiente, estos tienen una especial importancia sobre todo para la medición en aguas potable municipal, agua residual municipal, aguas industriales y centrales de energía, son alguno de los rubros interesados en la medición de este

componente, además que este compuesto al oxidarse tienen como producto dióxido de carbono, que como se ha mencionado anteriormente es un gas de efecto invernadero.

En la Figura 15 se presenta la distribución de las emisiones TOC en el municipio de Centro.

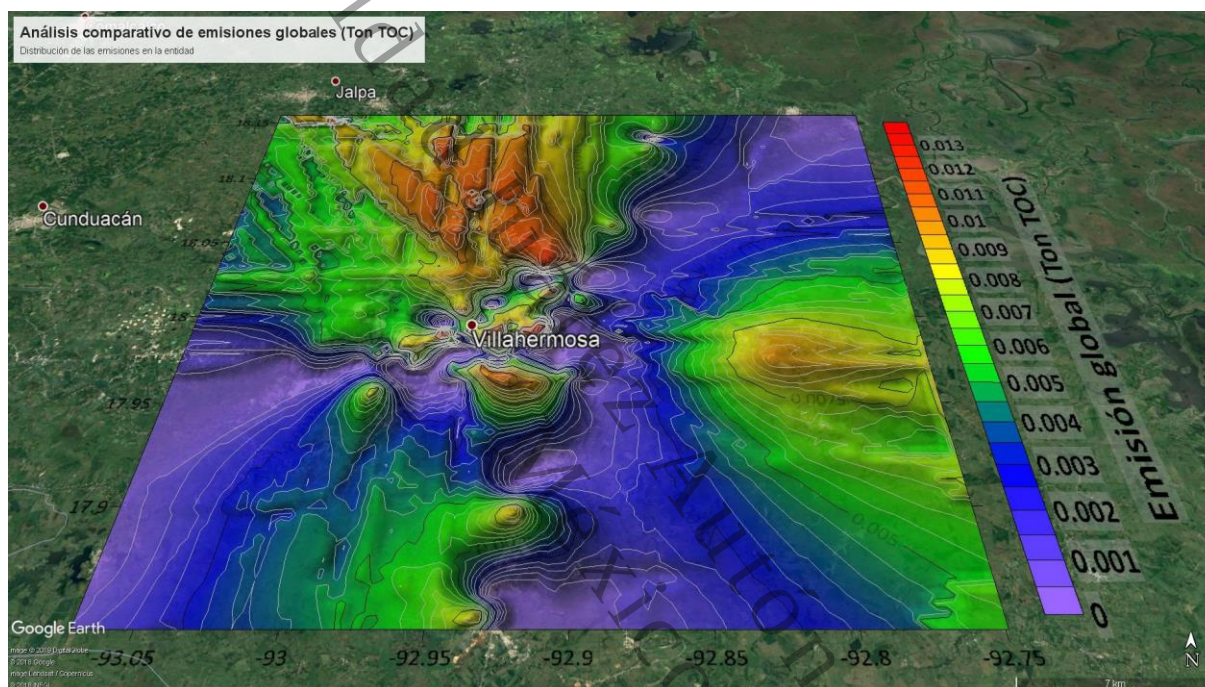


Figura 15. Distribución de las emisiones globales TOC en toneladas al mes del municipio de Centro

Siguiendo el orden de análisis hasta el momento, el primer paso será localizar las zonas problemática o de mayor emisión y considerar si el volumen emitido puede ser perjudicial o presentar alguna consecuencia a la población vulnerable, por lo que respecta a la cantidad de gases emitidos, se identificó un máximo de 0.01328 toneladas de TOC en el transcurso del mes, el próximo paso, es integrar la rosa de vientos dentro del mapa de distribución de emisiones TOC del municipio de Centro, con la Figura 16 permitirá observar la influencia de los vientos con respecto al transporte de emisiones.

Como se ha marcado anteriormente la influencia que tienen los vientos sobre las áreas de emisión elevada es muy importante ya que de alguna manera el arrastre o transporte de contaminantes mitiga el impacto que las emisiones pudieran ocasionar a la población vulnerable que para el caso de este estudio son los

estudiantes de los niveles educativos que se encuentran dentro de las zonas de mayor emisión, claro que este arrastre solo puede darse si las emisiones están dentro de la ruta de los vientos dominantes que se detecten y además de esto tenga la velocidad y fuerza necesaria para poder movilizar el volumen suficiente de emisiones, llevándolas a otras zonas o simplemente dispersándola en un área más despejada.

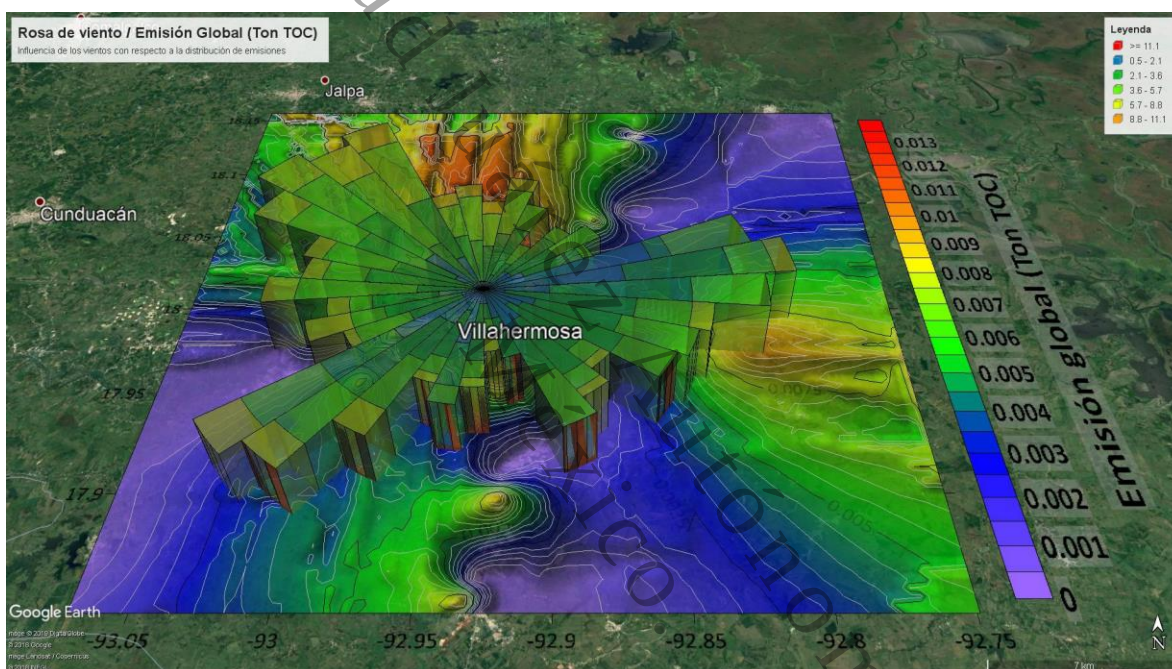


Figura 16. Emisiones globales e influencia de los vientos en el transporte de emisiones

Como se puede apreciar en la Figura 16, es posible detectar tres direcciones dominantes, correspondiente a los vientos dominantes censados por la estación meteorológica usada para obtener los datos necesarios para generar la rosa de vientos. El viento más predominante va de suroeste a noreste con velocidades máximas que van de 5.7 a 8.8 m/s, el otro viento dominante va de este a oeste con rachas de velocidad máxima de 8.8 m/s y por último vientos con dirección noroeste a sureste con velocidades similares a las antes mencionadas.

Como señala la Figura 16, los vientos tienen influencia en cada una de las zonas de mayor emisión, al igual que en las Figuras presentadas anteriormente, existen zonas de emisión más pequeñas pero con elevados índices de exposición a niveles

altos, pero con la influencia que tienen los vientos es posible que estos sean trasladados a otro sitio, sin embargo, a pesar de los vientos, puede haber riesgo a la salud por exposición a niveles por arriba de la norma, como pueden desde afecciones respiratorias a problemas cardiacos o en el peor de los escenarios una dramática reducción de la esperanza de vida causando muerte prematura.

Por lo que a continuación se analiza la dispersión de las emisiones TOC con respecto a la ubicación de las instituciones escolares, observando cuál de las zonas de alta emisión alcanza dentro de su área de afectación zonas escolares.

En la Figura 17 se anexa al mapa de emisión la ubicación de cada una de las instituciones escolares desde los niveles preescolar hasta nivel secundaria, ya sean de tipo público o privado.

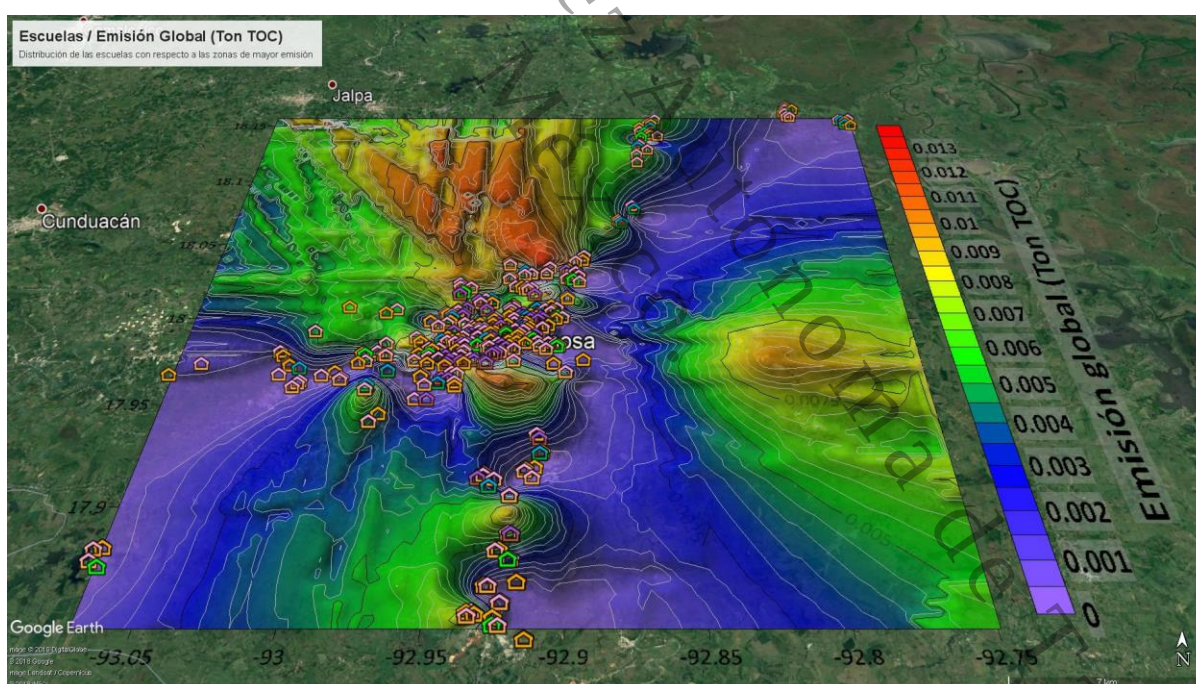


Figura 17. Distribución de las escuela públicas y privadas

Como es posible apreciar en la Figura 17, se observa que la distribución de las escuelas está concentrada en la zona central por lo que se procede hacer un acercamiento en la siguiente Figura para así observar si alguna de las instituciones se encuentra dentro del área de emisión alta, de igual manera se deberá verificar si

las escuelas localizadas al sur de la porción norte de mayor emisión (sección superior) que se visualiza en la Figura 17.

Como se ha observado durante las Figuras anteriormente presentadas se ha detectado que la porción central se muestran zonas de emisión alta muy similares comparando cada gas, por lo que es importante tomar en cuenta, si los efectos en la salud a la población expuesta están directamente relacionados con las enfermedades de vías respiratorias registradas en los centros médicos, sin embargo no podemos descartar que aunque no sean directamente las causantes de las enfermedades respiratorias, si son un factor para que estas se agraven y sean precursores para condiciones médicas más graves incluyendo la muerte prematura.

Por lo que a continuación en la Figura 18 se presenta los resultados obtenidos, de la porción central de las emisiones en comparación con la ubicación de las escuelas de los distintos niveles educativos distribuidos en el municipio de Centro.

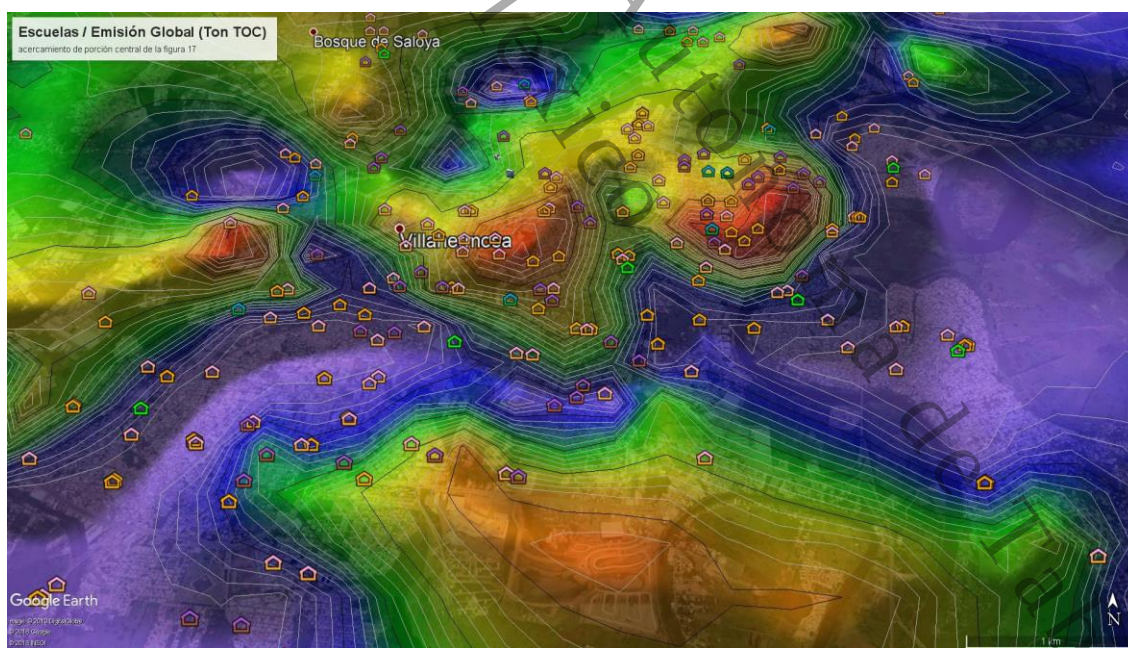


Figura 18. Escuelas del municipio de centro distribuidas en la porción central del municipio

Basado en los límites calculados realizados para este gas se obtuvo un límite superior de 0.01328 toneladas al mes de TOC, por otra parte la disponibilidad de información específica para este tipo de gas no es clara por lo que debemos recurrir a gases similares como son los compuestos orgánicos; los compuestos

orgánicos tienen una porción reactiva conocida como compuestos orgánicos reactivos (ROG), que es activada por acción de la luz ultravioleta a este tipo de reacción se le conoce como reacción fotoquímica y esta a su vez reacciona con otros compuestos para formar distintos compuestos que pudieran ser más dañinos que el compuesto inicial, como es el caso de los compuestos orgánicos, es posible obtener  $\text{CO}_2$  por acción de las distintas reacciones químicas estudiadas a través de los años por distintas dependencias y científicos alrededor del mundo. Los ROG son emitidos a la atmósfera a través de solventes o por evaporación de combustión, además también son emitidos a través de la combustión en los motores que viajan por el escape automotriz que cuentan con convertidores catalíticos para convertir los ROG y  $\text{CO}$  a  $\text{CO}_2$  en contraste si no se hiciese esta conversión y se permitiera emitir ROG estos serían precursores en la formación de ozono sería un compuesto más dañino que los iniciales. (Bravo A., Roy - Ocotla R., Sánchez A., & Torres J., 1992).

#### **5.7.4 Análisis emisión $\text{SO}_x$ y su relación con las cercanías a escuelas**

De las emisiones descritas anteriormente los gases  $\text{SO}_x$  tienen un papel importante en el comportamiento de la contaminación atmosférica, debido a su particular afinidad para formar la lluvia ácida, esto a su vez propicia la formación de sales de sulfito y bisulfato. Por lo que la generación de este gas además de ser nocivo para el medio ambiente puede causar impacto a la salud de la población.

En los datos obtenidos de las emisiones en el municipio de Centro se obtuvieron las siguientes áreas mostradas en la Figura 19.

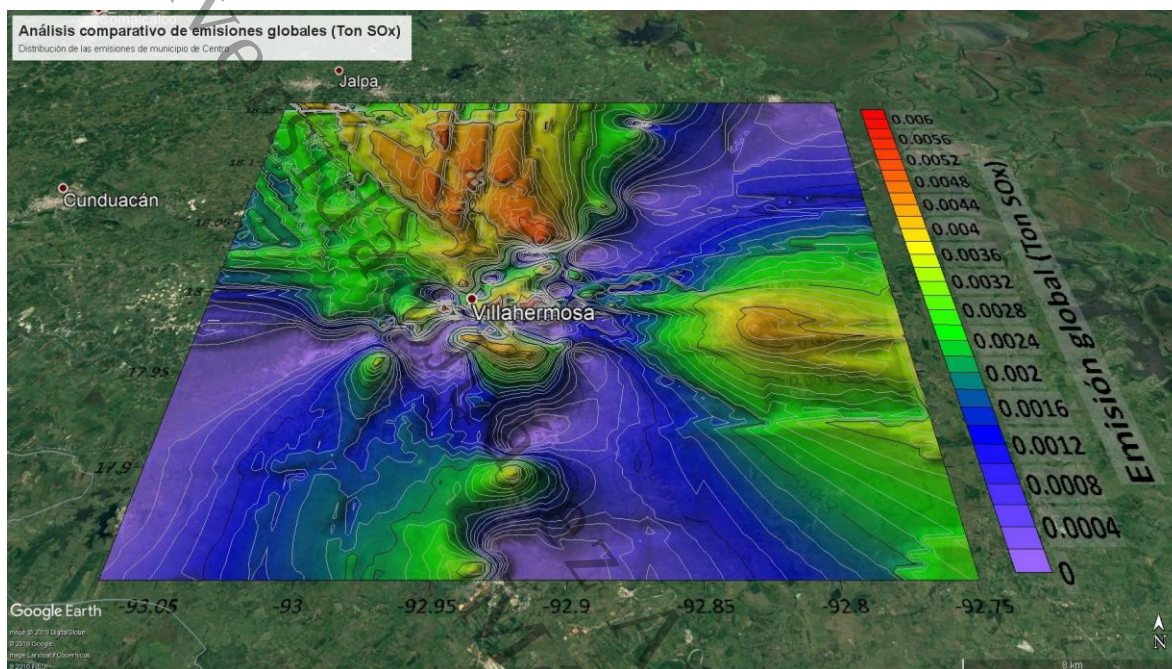


Figura 19. Distribución de las emisiones en la entidad.

Como es posible observar, existen zonas que en comparación con los análisis realizados anteriormente coinciden en ubicación, sin embargo, las dimensiones de áreas de mayor emisión (zonas de color rojo) son distintos, además la afección que pudiese ocasionar tanto a la salud ambiental como a la salud de la población.

De acuerdo a los resultados, se observó que la mayor emisión de SOx es de 0.00596 toneladas al mes correspondiente a las zonas con coloración rojo, por lo que es un fuerte indicativo que hay que tomar acciones para minimizar las emisiones en el municipio.

La distribución de las emisiones es importante, pero de igual importancia es el arrastre de estas por acción de los vientos si es que tienen la suficiente capacidad de movilizar las emisiones, en caso contrario estas emisiones se irán concentrando en la misma zona aumentando la capacidad de estas para ocasionar más daño tanto al medio ambiente como a la salud de la población expuesta. Cabe recordar que la población más vulnerable seleccionada para este estudio son estudiantes de niveles

preescolar hasta nivel secundaria, tanto de tipo público como de tipo privado ya que sin importar el status el impacto a la salud es el mismo.

Por ello en la Figura 20 se muestra la rosa de viento donde se puede identificar los vientos dominantes, así como la influencia que tienen en comparación con las masas emitidas.

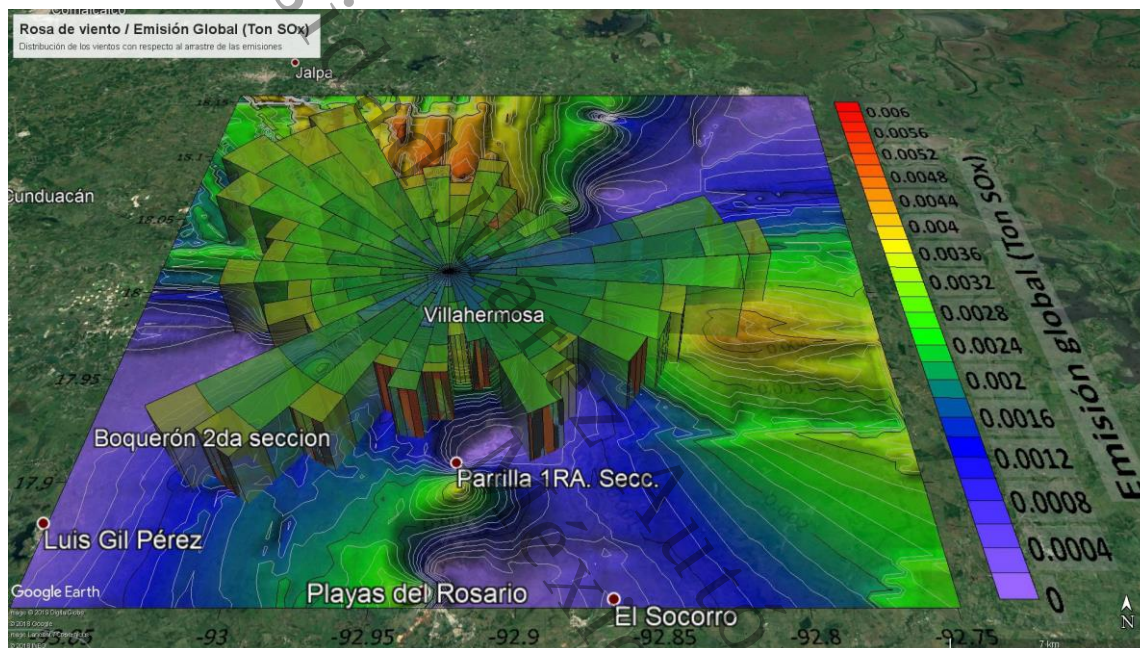


Figura 20. Comparación de las emisiones y rosa de vientos

Además de prestar atención a la contaminación atmosférica, para el caso de este estudio se trata de emisiones debido a procesos de los establecimientos comerciales existentes en la entidad, y por razones de tipo de giro comercial esos procesos pueden tener una composición particular y diferente en comparación con otros establecimientos, además de provocar impacto en determinadas áreas de influencia, se toma en cuenta la atribución que tienen los vientos con respecto a las masas emitidas, ya que el efecto que tiene es de dilución, transporte y por ende reducción de las emisiones con respecto a la concentración emitida, sin embargo, esto sucederá siempre y cuando los vientos dominantes estén direccionados a las zonas de mayor emisión y que la fuerza de los vientos tengan la capacidad para transportar las masas a otras zonas, en caso que los vientos estén en la dirección de las áreas rojas pero la capacidad de movilización es insuficiente, entonces las

masas de gases emitidos se consideraran como gases estáticos aumentando el volumen de los mismos, si la fuente o fuentes sigue en operación.

A continuación, se presenta la Figura 21 con la ubicación de las instituciones escolares, de esta manera sencilla y visual podemos observar que instituciones pudiesen estar más expuestas desde los niveles preescolar a nivel secundaria, para los de tipo público y privado.

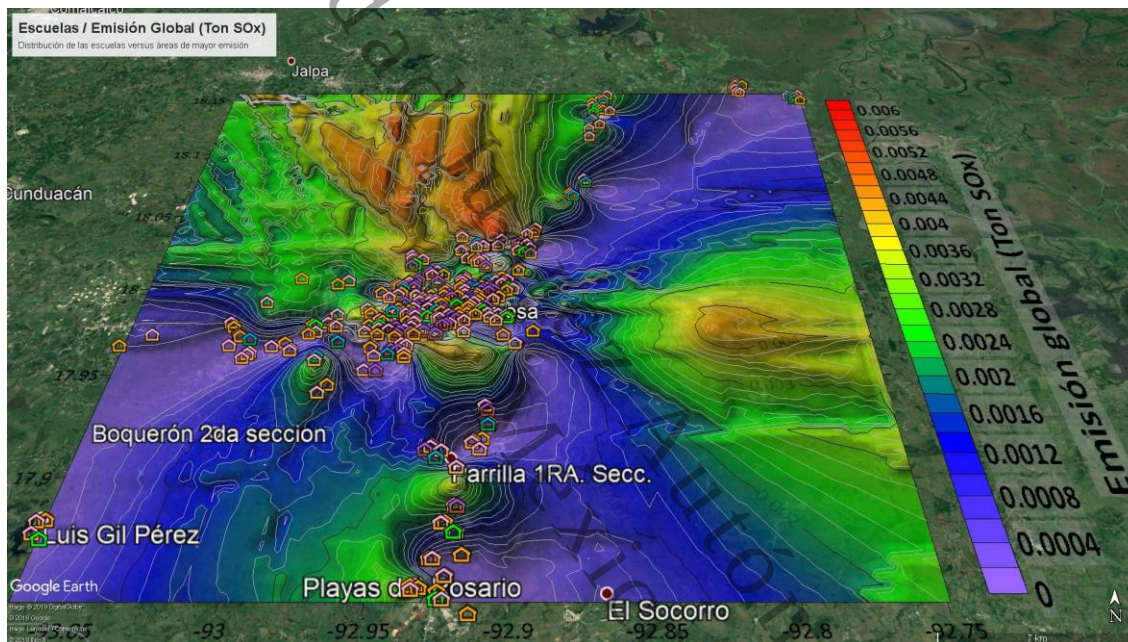


Figura 21. Distribución de las escuelas de nivel preescolar a secundaria del municipio de Centro

Como se ha estado observando con análisis presentados anteriormente la mayor concentración de instituciones se localiza en el centro del municipio, además de verificar los establecimientos que se encuentran dentro de áreas con emisiones altas, por otro lado habrá que cerciorarse que los niveles no sobre pasen los niveles permisibles, por lo que en la Figura 22 se realizará ampliación de la zona central de la Figura 21, específicamente en donde se localiza la mayor concentración de instituciones escolares.

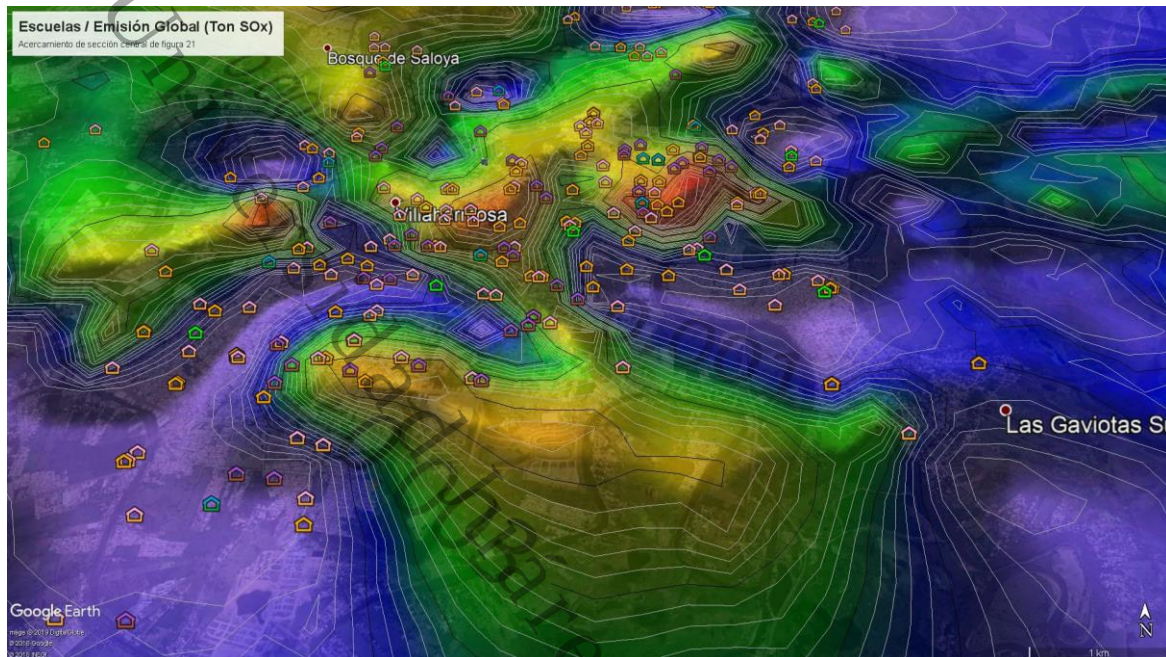


Figura 22. Acercamiento de la sección central, muestra las emisiones SOx con respecto a las escuelas

En cada uno de los mapas presentados anteriormente, es posible notar la presencia de tres zonas claramente marcadas con niveles de emisión en zona roja, de acuerdo a la escala mostrada en cada una de las Figuras, y como es de esperarse varias de las escuelas están dentro de distintos niveles de exposición a las emisiones, tomando en cuenta la coloración de identificación de cada uno de estos.

Además que alguno de estos gases en concentraciones altas puede ser mortal para los seres vivo, como puede ser el caso del monóxido de carbono (CO), por otro lado también están los gases de efecto invernadero que sumado con los materiales de construcción con los que están hechas las edificaciones de la ciudad causan el efecto isla térmica, que no es más que la absorción del calor con liberación lenta de calor o dicho de otra forma irradia calor paulatinamente causando que la temperatura ambiente en la ciudad sea constante a pesar que la temperatura atmosférica descienda conforme el sol se oculta, es decir, este proceso puede ser una causa más de posibles enfermedades ligadas al sistema respiratorio, circulatorio y posiblemente al sistema nervioso.

## 5.8 Discusión

Los resultados obtenidos de la presente investigación son relevantes para la toma de decisiones y permiten identificar como las fuentes de área, en particular aquellas derivadas de los sectores económicos secundario y terciario, no deben de ser ignoradas. Hasta el momento en el estado se han realizado diversos estudios de emisiones siendo los más destacados los correspondientes al 2003 y diagnóstico para la integración del programa de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire Tabasco) de 2018.

El IE Tabasco 2003 reportó una emisión global de la categoría de fuentes de área para la entidad tabasqueña de 2,355.46 Ton/año para  $\text{SO}_2$ , 8,084.9 Ton/año para  $\text{NO}_x$  y 25,512.71 Ton/año para CO (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente, 2004). Información correspondiente a emisiones anuales, por lo tanto, la fracción para fuentes de área por mes es equivalente a: 12.93, 44.39 y 140.10 Ton/mes para  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y CO respectivamente. Estas cifras no son comparables con las que se reportan en nuestra investigación debido a que no corresponden únicamente al municipio del centro, además, se consideran diferentes sectores económicos, así como la cantidad de negocios. Sin embargo, se puede observar proporciones similares en la generación de estos contaminantes, es decir el CO es el contaminante de mayor preocupación.

Como se puede observar de los resultados de nuestra investigación, la categoría de preparación de alimentos es susceptible al combustible. El uso de biomasa como la leña o el carbón aumenta significativamente la generación de emisiones de contaminantes como el CO (ProAire Tabasco, 2018). Por otro lado, el ProAire Tabasco (2018) establece que el municipio de Centro se constituye como el principal emisor de los COV con el 31% de la emisión total estatal; en donde la categoría de la combustión domestica participó con el 57%, seguida por el uso comercial y domestico de solventes (12%). Debido a que en ninguno de los

documentos citados anteriormente reporto TOC, la presente investigación arroja información adicional con una emisión de 1.68 Ton/mes.<sup>10</sup>

La información de los distintos documentos mencionados, en fuentes de área, no estableció con exactitud si se consideraron establecimientos comerciales y servicios.

A nivel regional existen estudios similares como ProAire para los estados de Veracruz y Yucatán. Que evaluaron la combustión comercial, combustión doméstica y asados al carbón. Es importante destacar que en ambos estudios no señalaron la participación de los sectores secundario y terciario para cada entidad.

Para ProAire Veracruz, solo se tomó en cuenta lo que generó Coatzacoalcos<sup>11</sup>, se observó que CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> fueron los gases más representativos, en comparación con los resultados de nuestra investigación, municipio de Centro generó el 2%, 71% y 30% respectivamente, se observó que NO<sub>x</sub> tiene una aportación mayor en municipio de Centro, para el caso de Coatzacoalcos fue CO, siendo la combustión habitacional responsable del 97% de las emisiones, seguida de operación de aeronaves con menos del 1% para fuentes de área (ProAire Veracruz, 2018). Para el caso de Mérida, Yucatán, tiene una participación en combustión doméstica del 71%, seguida por asados al carbón con el 0.5% para fuentes de área, en contraste, las emisiones que se obtuvieron en este estudio, equivalen al 3% para CO, 10% para NO<sub>x</sub> y 0.25% para SO<sub>2</sub>, Por otro lado, los porcentajes de emisión del sector secundario y terciario de Municipio de Centro tienen una aportación significativa con respecto a las emisiones de los estado vecinos, considerando que los estados vecinos no especifica los sectores estudiados en este documento (ProAire Yucatán, 2018).

---

<sup>10</sup> No fue posible contabilizar todos los establecimientos debido a que no se contó con los factores de emisión necesarios de las categorías que formaron parte del IE, solo fue para una porción de los establecimientos.

<sup>11</sup> Haciendo uso de los datos de extensión y porcentaje de ocupación territorial del Estado de Veracruz fue posible calcular la aportación para Coatzacoalcos.

## 6. Conclusión

Para el caso de los GEI se alcanzaron emisiones totales de 221,191.50 Ton CO<sub>2</sub> eq, que corresponden a la Tabla 8 y Tabla 9 para el periodo de 17 de agosto a 17 de septiembre de 2017, debido a actividades de cafetería, hotelería, restaurante, servicios y talleres, este último aportando la mayor cantidad de emisiones de gases contaminantes, ya que la categoría de talleres representa el 6% de total de comercios existen en la entidad, emitiendo el 99% de los GEI, tomando en cuenta los gases de gasolina y diésel, las cifras indican que los establecimientos dedicados al mantenimiento preventivo y correctivo de motores de combustión interna y motores de combustión diésel no implementan ningún tipo de control de emisiones, además que el personal que labora carece de protección en contra de la exposición a los gases tóxico e inflamable de los combustibles derivados del petróleo.

Por otro lado, Cafetería, Hotelería, Restaurantes y Servicios se observó una participación porcentual al 1%, con respecto al total de las emisiones calculadas, en donde, restaurante fue el establecimiento que mayor aportó con el 87%.

Restaurante con 115 establecimientos y Hotelería con 166 sitios de estudio, se detectó la aportación de CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y TOC, donde restaurante aportó el 70% de sus emisiones por el uso de carbón, el resto de los establecimientos para estas categorías fueron emisiones debidas al uso de GLP.

Para el caso de los talleres de uso de soldadura, los gases emitidos son de tipo peligroso, ya que la composición de los mismos se debe a los materiales de los electrodos que se usan como material de relleno en la fijación de materiales metálicos y de aleación.

Por lo que se recomienda, implementar:

Estudios más detallados, como monitoreo en zonas con densidad comercial, poblacional, además de la selección de receptores vulnerables.

Uso de software de modelación que considere las condiciones climatológicas, dispersión de la población vulnerable, además de considerar enfermedades

respiratorias y cardiacas asociándolas con los volúmenes de emisión generados por las actividades del sector secundario y terciario.

realizar estudios para determinar el riesgo, y la necesidad de contar con protección respiratoria para minimizar el impacto a la salud por uso de equipos de soldadura, por la exposición a gases peligrosos, debido a la composición de los electrodos usados en los talleres con dispositivos de soldadura, ya que durante las jornadas de trabajo requieren el uso de estos para la unión de material metálico o aleación, por lo que únicamente cuentan con protección corporal y visual, sin embargo, no cuentan con ningún dispositivo de protección respiratoria.

Finalmente, considerar la posibilidad de modernizar e incrementar el número de las estaciones de monitoreo atmosférico del municipio de Centro, Tabasco.

Prestar interés a la calidad del aire demuestra el compromiso que se tiene por el cuidado de cada una de los aspectos de un entorno saludable, porque cuidar la sustentabilidad de los mantos acuíferos y suelos no sería suficiente para determinar que un medio ambiente es saludable ya que se está omitiendo el recurso que además del agua y el suelo proporcionan, es el aire que respiramos, necesario para existir, por lo que es una obligación y derecho contar con un ambiente propicio y saludable para el desarrollo de las generaciones futuras y las existentes.

## 7. Anexo A

En la versión digital del trabajo recepcional “Emisiones de gases efecto invernadero debidas a fuentes de área por actividades comerciales y de servicio en el municipio de Centro, Tabasco” contenida en el disco compacto se incluyen los archivos:

- Base de datos (hoja de cálculo Excel)
- Mapas de las emisiones, rosa de viento, localización de los establecimientos y escuelas (Archivo KMZ, Google Earth Pro)

## 8. Referencias

- Anónimo. (2015). *Cálculo de emisiones de fuentes fijas*. Chile.
- Banrepcultural. (2017). *Red Cultural del Banco de la República en Colombia*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de Sectores Economicos: [http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sectores\\_econ%C3%B3micos](http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sectores_econ%C3%B3micos)
- Bravo A., H., Roy - Ocotla R., G., Sánchez A., P., & Torres J., R. (1992). Contaminación Atmosférica por Ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Evolución Histórica y perspectiva. En H. Bravo A., G. Roy - Ocotla R., P. Sánchez A., & R. Torres J., *Contaminación Ambiental, Centro de Ciencias de la Atmósfera*. Estado de México: UNAM.
- Calvo Aldea, D. M. (2016). Contaminación Atmosférica. En D. M. Calvo Aldea, *Ciencias de la Tierra y Medioambientales* (págs. 234-262). Madrid: McGraw-Hill.
- Díaz, Y. (2014). Diseño de un incinerador para el cremado de desechos humanos. *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.2.19350.34885
- EPA. (2016). *Air Emission Factor and Quantification*. Recuperado el 19 de Enero de 2017, de Basic Information of Air Emission Factors and Quantification: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification>
- EPA. (2016). *United States Environmental Protection Agency (USEPA)*. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de Air Emissions Factors and Quantification: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification>
- García de la Cruz, D. (2013). *INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS NO REGULADAS EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO*. Villahermosa, Tabasco.
- GHGProtocol. (s.f.). *GreenHouse Gas Protocol*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017, de Global Warming Potential Values: [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf)
- IECDMX. (2014). *Inventario de Emisiones de la CDMX 2014*. México.
- IEEGEISIN. (2012). *Inventario Estatal de Emisiones de Gases Efecto Invernadero Sinaloa 2012*. Mazatlán.
- INE - SEMARNAT & Western's Governors' Association. (2005). *Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones*. Ciudad de México.
- INE. (2002). Tecnologías de control de contaminantes procedentes de fuentes estacionarias. En I. N. Ecología, *Tecnologías de control de contaminantes procedentes de fuentes estacionarias* (págs. 1 - 82). Estado de México.
- INECC - SEMARNAT. (2013). *Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones de Fuentes Fijas*. México, México, México: Hecho en México.

- INECC-SEMARNAT. (2007). *Instituto de Ecología y Cambio Climático - Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 09 de Agosto de 2017, de Tipos y fuentes de contaminantes atmosféricos:  
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>
- INECC-SEMARNAT. (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. Técnico, INECC-SEMARNAT, México.
- INEGI. (2006). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Estado de México.
- INEGI. (2006). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 - 2002*. México.
- INEGI. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*. México.
- INEGI. (2009). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008. Cambios y adiciones*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI- GOOGLE MAPS. (2017). *INEGI - GOOGLE MAPS*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2017, de <https://www.google.com.mx/maps/@17.9890745,-92.9046998,94710m/data=!3m1!1e3>
- IPCC. (2006). Elección de factores de emisión. En IPCC, *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (pág. 2.14 a 2.23).
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2018). *Base de datos de factores de emisión*. Recuperado el 15 de Abril de 2018, de Panel Intergubernamental del Cambio Climático: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- Martínez Varona, M., Guzmán Vila, M., Pérez Cabrera, A., & Fernández Arocha, A. (2014). Presencia de metales pesados en material particulado en aire. Estación de monitoreo INHEM, Centro Habana. La Habana, Cuba.
- NOM - 085 - SEMARNAT-2011. (2016). *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.:  
<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4632/semarnat/semarnat.htm>
- OMS. (2016). *Cambio climático y salud*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-climatico-y-salud>
- OMS. (2016). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 13 de Octubre de 2017, de Calidad del aire ambiente (exterior) y salud:  
<http://origin.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

- PACCECH. (2005). *Inventario Estatal de Gases Efecto Invernadero del Estado de Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: Hecho en México.
- PEACCETAB. (2011). *Programa Estatal Ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco 2011*. Tabasco.
- ProAire Tabasco. (2018). Anexo B. Inventario de emisiones desagregado por categoría de emisión para el Estado de Tabasco. En SEMARNAT-SERNAPAM, *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2018-2027* (págs. 154-156).
- ProAire Veracruz. (2018). Cuadro 3.1. Emisiones de contaminantes criterio y de efecto invernadero generadas en el estado de Veracruz, año base 2012. En SEMARNAT-SEDEMA, *Programa para Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave* (págs. 89 - 92). Veracruz.
- ProAire Yucatán. (2018). Anexo A. Inventario de emisiones desagregado por categoría de emisión para el estado de Yucatán, año base 2016. En S. SEDUMA, *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Yucatán* (págs. 154 - 157). Yucatán.
- Radian Corporation. (1996). Manuales del programa de inventarios de emisiones de México. En R. Corporation, *Volumen III - Técnicas básicas de estimación de emisiones* (págs. 20 - 23). Sacramento, CA.
- RAE. (2018). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=WECJvpa>
- RLGEEPA-MPCCA. (2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2017, de Procuraduría Federal de Protección al Ambiente:  
[https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1157/1/reglamento\\_de\\_la\\_lgeepa\\_en\\_materia\\_de\\_prevencion\\_y\\_control\\_de\\_la\\_contaminacion\\_de\\_la\\_atmosfera.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1157/1/reglamento_de_la_lgeepa_en_materia_de_prevencion_y_control_de_la_contaminacion_de_la_atmosfera.pdf)
- Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. (2003). *Primer Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2001 - 2002*. Villahermosa.
- Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. (2004). *Segundo Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2003*. Villahermosa.
- Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. (2005). *Informe Calidad de Aire del Estado de Tabasco 2005*. Villahermosa: Hecho en México.
- Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. (2005). *Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2004*. Villahermosa: Hecho en México.
- SEMARNAT. (2013). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 10 de Enero de 2018, de Inventario de Emisiones: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/inventario-de-emisiones>

SEMARNAT-INECC. (2017). ANEXO 2: Manual del participante. En INECC, & SEMARNAT, *Modulo1: Orientación general y generación de informes de las directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero*. México.

USEPA. (2017). Electric Arc Welding. En EPA, AP 42, *Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources* (págs. 12.19-1). USA.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.