



**“Huella de carbono del Palacio Municipal del Gobierno Autónomo  
Descentralizado Municipal de Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y  
plan de mitigación”**

Díaz Alquina Ana Gissela

Centro de Posgrados

Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas de  
Gestión Ambiental

Ph. D. Simón Baile, Débora

21 de marzo de 2022



TESIS-HUELLA CARBONO GADMUR-DÍAZ & SIMÓN-BAILE, 20...

Scanned on: 15:45 March 24, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	435
Words with Minor Changes	36
Paraphrased Words	180
Omitted Words	0



TESIS-HUELLA CARBONO GADMUR-DÍAZ & SIMÓN-BAILE, 20...



Website | Education | Businesses

Firma:

**PhD. Débora Simón Baile**

**Director**



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Huella de carbono del Palacio Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y plan de mitigación”** fue realizado por la señorita **Díaz Alquina Ana Gissela**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 21 de marzo de 2022**

Firma:

**PhD. Débora Simón Baile**

**Director**

**C.C.: 0957160310**



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo **Díaz Alquina Ana Gissela**, con cédula de ciudadanía n°1716202674, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“Huella de carbono del Palacio Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y plan de mitigación”** es de mí autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 21 de marzo de 2022**

Firma

**Díaz Alquina Ana Gissela**

**C.C.: 1716202674**



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

**Autorización de Publicación**

Yo **Díaz Alquina Ana Gissela**, con cédula de ciudadanía n°1716202674, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Huella de carbono del Palacio Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y plan de mitigación”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 21 de marzo de 2022**

Firma

**Díaz Alquina Ana Gissela**

**C.C.: 1716202674**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado de manera especial a mi Madre que con amor y constancia me enseña cada día a superarme de manera personal y profesional.

A mi hijo que en el tiempo de gestación me acompañó días y noches demostrando sacrificio y esfuerzo.

A mi novio por brindarme apoyo y paciencia.

Díaz Alquina Ana Gissela

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar otra etapa de mi vida, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por haber llenado de bendiciones mi vida.

A mi Madre por ser el pilar fundamental para prepararme y superarme como persona y profesional.

A mi novio y mi hijo, quienes con su paciencia me enseñaron que con perseverancia y trabajo en equipo se puede cumplir las metas que uno se propone.

A la ESPE, de manera especial a mi Directora de tesis la Dra. Débora Simón, quien, con su esfuerzo, dedicación transmitió sus conocimientos de manera objetiva y muy profesional.

Al GADMUR, a la Directora de Protección Ambiental la Dra. María Clara Peralta por su apoyo durante la ejecución de esta investigación.

Díaz Alquina Ana Gissela

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	13
Abstract.....	14
Capítulo I: Introducción .....	15
Problema de Investigación .....	15
Planteamiento del Problema .....	15
Formulación del Problema.....	18
Sistematización del Problema mediante preguntas de investigación.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos .....	19
Hipótesis 19	
Justificación .....	19
Capitulo II: Marco teórico.....	22
Efecto Invernadero .....	22
Gases de efecto invernadero.....	22
Huella de carbono.....	24
Gobierno Autónomo Descentralizado.....	25
Marco conceptual resumen .....	26
Marco legal y normativo.....	27
Alcance Internacional .....	27
Alcance Nacional.....	29
Capitulo III: Metodología .....	31

Recopilación y organización de la información.....	32
Fases del proceso metodológico.....	32
Propuestas metodológicas y alcances .....	32
Recopilación de datos .....	40
Población y muestra.....	40
Capitulo IV: Resultados y Discusión.....	49
Cálculo del Alcance 1 .....	49
Cálculo del Alcance 2 .....	55
Cálculo del Alcance 3 .....	67
Análisis de los resultados por alcance y año.....	84
Medidas de mitigación de emisiones y reducción de la huella de carbono .....	86
Conclusiones y Recomendaciones.....	96
Conclusiones.....	96
Recomendaciones.....	97
Bibliografía .....	99
Anexos .....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla1</b> Emisiones de GEI más comunes asociadas a la construcción de edificios y sus respectivos impactos. ....	23
<b>Tabla2</b> Factores de emisión en kg/L y potenciales de calentamiento global Factores de emisión de gases de efecto invernadero décima edición, 2020 .....	34
<b>Tabla3</b> Factores de Emisión por generación eléctrica del Ecuador (g/kWh), (Pérez-Sierra, 2018). ....	36
<b>Tabla4</b> Variables de investigación.....	38
<b>Tabla5</b> Consumo combustible (galones) y emisiones por meses en 2019 y 2020 .....	50
<b>Tabla6</b> Consumos de energía eléctrica en el año 2019 y 2020. ....	57
<b>Tabla7</b> Consumos de energía eléctrica en el año 2019 y 2020. ....	65
<b>Tabla8</b> Emisiones de los medios de transporte contaminantes utilizados en el período del 1 de enero 2019-16 de marzo 2020: antes de la pandemia (AP). ....	68
<b>Tabla9</b> Emisiones de los medios de transporte contaminantes utilizados en el período del 17 de marzo al 31 de diciembre 2020: durante la pandemia. ....	73
<b>Tabla10</b> Datos principales de la encuesta para el periodo del 1 de enero 2019-16 de marzo 2020. ....	80
<b>Tabla11</b> Datos principales de la encuesta para el periodo durante la pandemia, desde el 17 de Marzo hasta el 31 de diciembre 2020. ....	80
<b>Tabla12</b> Vuelos 2019. ....	83
<b>Tabla13</b> Vuelos 2020. ....	84
<b>Tabla14</b> Emisiones por alcances 2019 y 2020. ....	84
<b>Tabla15</b> Puntuación de prioridad para cada emisor. ....	88
<b>Tabla16</b> Medidas de Mitigación Propuestas .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura1</b> Fases de la investigación. ....	32
<b>Figura2</b> Tipos de combustible consumido por mes en 20202 .....	52
<b>Figura3</b> Tipo de combustible consumido por mes en 2019 (galones) .....	52
<b>Figura4</b> .....	53
<b>Figura5</b> Emisiones por tipo de combustible 2020 .....	53
<b>Figura6</b> Emisiones 2019 vs 2020.....	53
<b>Figura7</b> Litros de Combustible consumidos 2019.....	53
<b>Figura8</b> Antigüedad de vehículos propiedad del GADMUR.....	55
<b>Figura9</b> Consumo de EE por horarios en el año 2019.....	59
<b>Figura10</b> Consumo de EE por horarios en el año 202.....	59
<b>Figura 11</b> .....	60
<b>Figura12</b> Kwh consumidos por meses 2019 vs 2020. ....	61
<b>Figura13</b> Emisiones por meses [t CO <sub>2</sub> - eq] por consumo de energía eléctrica en 2020. .....	61
<b>Figura14</b> Emisiones por meses por consumo de energía eléctrica 2019 vs 2020. ....	61
<b>Figura15</b> Kwh consumidos 2019 vs 2020. ....	62
<b>Figura16</b> Emisión de GEI por consumo de energía eléctrica años 2019 vs 2020. ....	64
<b>Figura17</b> t CO <sub>2</sub> -eq, por consumo de energía eléctrica años 2019 vs 2020. ....	64
<b>Figura18</b> Emisión de t CO <sub>2</sub> por consumo de agua en 2019.....	66
<b>Figura19</b> Emisión de t CO <sub>2</sub> por consumo de agua en 2019.....	66
<b>Figura20</b> .....	67
<b>Figura21</b> Medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR y utilizados antes de la pandemia (01 Enero 2019-16 Marzo 2020). ....	69
<b>Figura22</b> Mapa de procedencia de los transportes utilizados antes de la pandemia por los empleados del GADMUR.....	70

<b>Figura23</b> Cantidad de personas que viajaron acompañadas en los autos propios o taxis antes de la pandemia (01 Enero 2019-16 Marzo 2020). .....	71
<b>Figura24</b> Número de veces al día que viajan al GADMUR sus empleados. ....	71
<b>Figura25</b> Número de veces a la semana que viajan al GADMUR sus empleados.....	72
<b>Figura26</b> Emisión de los medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR en [t CO2 - eq] antes de la pandemia (01 enero 2019-16 marzo 2020). .....	72
<b>Figura27</b> Medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR, y utilizados durante la pandemia .....	74
<b>Figura28</b> Transportes utilizados durante la pandemia. ....	74
<b>Figura29</b> Cantidad de personas que viajaron acompañadas en los autos propios o taxis durante la pandemia. ....	75
<b>Figura30</b> Número de veces al día que viajan al GADMUR sus empleados. ....	76
<b>Figura31</b> Número de veces a la semana que viajan al GADMUR sus empleados.....	76
<b>Figura32</b> Cantidad de empleados que teletrabajaron y número de meses de teletrabajo durante 2020.....	77
<b>Figura33</b> Emisión de los medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR en [t CO2 - eq] durante la pandemia (17 marzo a 31 diciembre 2020). ....	77
<b>Figura34</b> Emisiones de los diferentes GEI en los dos períodos: antes de la pandemia y durante pandemia.....	78
<b>Figura35</b> Emisiones de los diferentes GEI por el transporte particular antes de pandemia.....	82
<b>Figura36</b> Emisiones de los diferentes GEI por el transporte particular durante pandemia. ....	82
<b>Figura37</b> Tipos de emisiones 2019 vs 2020. ....	85
<b>Figura38</b> Emisiones en los diferentes alcances 2019 vs 2020. ....	86
<b>Figura 39</b> Diagrama de Pareto.....	87

## Resumen

Las emisiones de Ecuador constituyen un problema que requiere de estudio, para implementar acciones de mitigación. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la huella de carbono en el palacio municipal del GADMUR durante 2019 y 2020, identificar los efectos relacionados con la pandemia del COVID y proponer un plan de mitigación de emisiones. Para ello, empleó una metodología cuantitativa, y técnicas de investigación la revisión bibliográfica-documental, encuesta y entrevista, trabajando con una muestra de 129 empleados del GADMUR. Entre los principales resultados se obtuvo que antes de la pandemia el 46% de los trabajadores se desplazaban en automóviles propios a gasolina, un 20% en bus y un 21% caminando. De las clasificaciones anteriores, el 54% de los trabajadores viajan solos, siendo ésta la manera más ineficiente de transportarse al Palacio en base a emisiones. Se concluyó que las acciones derivadas de la movilidad con el transporte particular de los empleados y el propio de la entidad son las principales emisoras de gases de efecto invernadero en la institución. Los vehículos de empleados a gasolina son responsables del 55,07% de las emisiones totales, los vehículos propios del GAD que utilizan diesel contribuyen con el 22,85%, y los de gasolina extra propios del GADMUR el 7% de las emisiones totales.

*Palabras claves:* Emisiones, GADMUR, Huella de Carbono, Pandemia

### **Abstract**

Ecuador's emissions constitute a problem that requires study to implement mitigation actions. The objective of this work was to determine the carbon footprint in the municipal palace of GADMUR during 2019 and 2020, identify the effects related to the COVID pandemic and propose an emissions mitigation plan. For this, a quantitative methodology is used, and the bibliographic-documentary review, the survey and the interview are used as research techniques, working with a sample of 129 GADMUR employees. Among the main results, it was obtained that before the pandemic, 46% of workers traveled in their own gasoline cars, 20% by bus and 21% walking. Of the previous classifications, 54% of workers traveling alone, this being the most inefficient way to travel to the Palace based on emissions. Therefore, it was found as a conclusion that the actions derived from mobility with the private transport of the employees and that of the entity are the main emitters of greenhouse gases in the institution. Employees' gasoline vehicles are responsible for 55.07% of total emissions, GAD's own vehicles that use diesel contribute 22.85%, and GADMUR's own extra gasoline 7% of total emissions.

*Keywords:* Emissions, GADMUR, Carbon Footprint, Pandemic

## Capítulo I: Introducción

### Problema de Investigación

#### *Planteamiento del Problema*

Las emisiones totales de GEI en Ecuador no son tan alarmantes si se compara con el nivel mundial, alrededor del 0,15% (Alarcón, 2017). Sin embargo, si se consideran las emisiones per cápita, un ecuatoriano promedio estaría emitiendo 2,496 toneladas métricas (Mton), similar a Cuba y República Dominicana y la huella de carbono del Ecuador estaría en la posición 124 a nivel global (World Bank, 2021). Considerando el principio de las responsabilidades comunes, pero diferenciadas respecto al cambio climático (Kießling, 2021), las emisiones de Ecuador constituyen un problema que requiere de estudio para continuar con la propuesta e implementación de acciones de mitigación. Esto debido a que el comportamiento anual de la huella de carbono del país es variable. Por ejemplo, en el año 2016 se registró una reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 41.0 Mton en comparación con el año 2015 43.0 Mton CO<sub>2</sub>. En 2018 aumentaron las emisiones 42.0 Mton CO<sub>2</sub> debido al incremento del consumo de energía en todos los sectores del país (Beyond Petroleum, 2019) ; Gilfillan et al. (2019). Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2019), las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron un 147%, el metano CH<sub>4</sub> un 259%, y N<sub>2</sub>O un 123%. El comportamiento del año 2019 en Ecuador fue coherente con el aumento de las emisiones mundiales de gas de efecto invernadero (GEI), registrando el mundo un máximo histórico 52,4 GtCO<sub>2</sub>e en rango de ±5,2 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), 2020)

Según Ministerio de Ambiente y Agua, MAAE (2016) el sector público no se ubica entre los principales contaminantes del país. Se incluye dentro de la categoría de Otros Sectores, cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> representan el 3,6% de las emisiones del país. A pesar de lo anterior, es necesario que desde todos los ámbitos se pongan en práctica

medidas de mitigación (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE), 2019). Durante la pandemia del Covid-19, las emisiones se redujeron en Ecuador hasta en un 60% (El Universo, 2020). Sin embargo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente UNEP (2020) ha señalado que esta disminución en tiempos de pandemia es pasajera y que se incrementarían luego de las medidas de confinamiento. A pesar de ello, las reducciones en tiempos de pandemia permiten identificar el impacto de las diferentes fuentes. Por lo que se requiere de avances en la determinación de la huella de carbono a todos los niveles de los sectores del país con la finalidad de implementar acciones contextualizadas.

En el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui (GADMUR) no se ha calculado con anterioridad la huella de carbono, razón por la cual no ha sido posible determinar el impacto ambiental ni el diseño de estrategias de mitigación acorde con las fuentes de emisión directas e indirectas. Incluso, una revisión bibliográfica sobre el tema en Ecuador permite identificar que los estudios que determinan la huella de carbono no se han enfocado hacia instituciones gubernamentales. Las investigaciones precedentes han calculado la huella de carbono del cultivo de la rosa (Guallasamin & Simón Baile, 2018) y de instituciones educativas privadas (Guallasamin, 2017; Pérez, 2018; Melo, 2018).

**Diagnóstico.** La concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera alcanza valores de  $49 \pm 4,5$  GtCO<sub>2</sub>-eq/año y entre el 2000 y el 2010 se reportaron incrementos absolutos de 2,2% por año (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC), 2014). Para Masson et al. (2018) se espera que, en 2030, las emisiones sean de 52-58 GtCO<sub>2</sub>eq año<sup>-1</sup>. CO<sub>2</sub> se ubica entre los GEI que genera mayor preocupación, ya que su aporte al cambio climático es de aproximadamente el 80%, significativamente mayor respecto, por ejemplo, al metano 17% (OMM, 2019). Por lo que, el cálculo de la huella de carbono (CO<sub>2</sub>-equivalente) en diferentes ámbitos ha incrementado en los últimos años con la finalidad de establecer

estrategias de mitigación en base a datos cuantitativos. La identificación de las fuentes directas e indirectas y la cuantificación de su aporte permiten conocer el impacto real de los sectores, instituciones, actividad o ciclo de vida de un producto, al cambio climático.

**Pronóstico.** Durante el 2020 y 2021, las medidas gubernamentales por la pandemia del COVID han generado transformaciones en la dinámica de vida con impactos en la disminución de las emisiones de GEI. No obstante, se pronostica que estos avances no se mantengan a medida que el mundo regrese a la normalidad social. Además, las concentraciones de GEI en la atmósfera siguen en aumento, por lo que se pronostica que la reducción temporal de las emisiones no va a impactar de manera positiva y a largo plazo en la tendencia del cambio climático (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEP, 2020).

**Control del Pronóstico.** Ecuador firmó en 2019 el primer compromiso de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de reducir en un 20,9% las emisiones de GEI hasta 2025, por lo que se deben desarrollar estrategias que contribuyan al logro de la meta definida. Al determinar la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR y proponer un plan de mitigación, se aportará no solo a este interés nacional, sino también a la comunidad del cantón. La gestión ambiental figura entre los ejes institucionales del GADMUR. Aunque las acciones se han enfocado hacia los efectos de la expansión de los asentamientos humanos, la regulación y monitoreo de la degradación ambiental es también uno de sus principales objetivos (GADMUR), 2021). Por tales motivos, un estudio sobre la huella de carbono de su sede institucional servirá de referente para otros proyectos de gestión ambiental en el cantón.

Para cumplir con este interés se propone el empleo de la metodología ISO 14064 porque favorece la comparación en el análisis de la huella de carbono de las organizaciones. Además, se trabajará con el Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol) por su aporte sobre los alcances de las emisiones. Se espera así

cuantificar la incidencia diferenciada de las emisiones directas e indirectas, comparar los datos de los años 2019 y 2020 y los posibles efectos del COVID, y a partir de esos resultados proponer un plan de mitigación

### ***Formulación del Problema***

Ecuador firmó en 2019 el primer compromiso de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de reducir en un 20,9% las emisiones de GEI hasta 2025. Los pronósticos indican que la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la pandemia del Covid-19 se revertirá a medida que se regrese a la normalidad social, por lo que, para avanzar hacia la meta del NDC, se deben desarrollar estrategias en múltiples sectores. Dado que las instituciones públicas son un sector clave a diagnosticar, este proyecto pretende determinar la huella de carbono para el palacio municipal del GADMUR durante 2019 y 2020.

### ***Sistematización del Problema mediante preguntas de investigación***

- ¿Qué tipo de fuentes contribuyen en un mayor porcentaje a la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR?
- ¿Qué diferencias existen entre las huellas de carbono del palacio municipal del GADMUR en los años en estudio: 2019 y 2020, y a qué se deben estas diferencias?
- Considerando los resultados de la huella de carbono ¿Qué prácticas pueden proponerse para mitigar las emisiones de GEI del palacio municipal del GADMUR?

### ***Objetivo General***

Determinar la huella de carbono para el palacio municipal del GADMUR durante 2019 y 2020, identificar los efectos relacionados con la pandemia del COVID y proponer un plan de mitigación de emisiones.

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar las fuentes de emisión de GEI, a partir del mapeo de las actividades del palacio municipal del GADMUR.
- Calcular la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR en 2019 y 2020.
- Comparar la huella de carbono entre los años en estudio a fin de identificar los efectos de la pandemia Covid-19.
- Proponer un plan de mitigación de la huella de carbono para el palacio municipal del GADMUR, de acuerdo con los resultados.

### ***Hipótesis***

El cálculo de huella de carbono del palacio municipal del GADMUR incorpora variables relacionadas con fuentes directas e indirectas de GEI que permitirán identificar variaciones en las emisiones antes y durante la pandemia del Covid-19 y que servirán de guía para la propuesta de un plan de mitigación.

### ***Justificación***

Como el calentamiento global se relaciona con el incremento de los GEI y la ONU, 2020 (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2020) ha reconocido que “el mundo está muy lejos de cumplir los objetivos del Acuerdo de París para mantener el incremento de la temperatura mundial por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales” (p.1), es necesario determinar la huella de carbono de diferentes actividades para que las acciones de mitigación se encuentren contextualizadas y enfocadas hacia las verdaderas prácticas con impacto ambiental. Por lo tanto, todo estudio con este objetivo es actual y necesario, y tiene un aporte social y ambiental, ya que permite identificar las fuentes de emisión con mayor impacto en los ecosistemas.

Puesto que el gobierno ecuatoriano se ha propuesto una reducción del 20,9% de las emisiones, es importante que sus instituciones estatales contribuyan al logro de esta meta en el marco del Acuerdo de París. Sin embargo, se carece de datos sobre la contribución específica de cada una de sus instituciones, aun cuando los resultados de los estudios nacionales no incluyen al sector público entre los de mayor aporte de GEI en el país (Alarcón, 2017). Además, hasta el momento no se ha encontrado un estudio sobre la huella de carbono de los GAD y es por lo que esta investigación sería pionera y tendría implicaciones prácticas por su potencial de replicación. Si bien se trata de instituciones con autonomía para la gestión de proyectos bajo su eje institucional referente a la protección ambiental, no existen análisis que evidencien cómo la gestión desde estas instituciones políticas impacta en el medio ambiente. De ahí que el actual proyecto es de utilidad metodológica porque puede contribuir con el cálculo de la huella de carbono no solo al GADMUR, sino también a la estimación de la huella de carbono en otras instituciones de gobierno del mismo nivel, es decir, en los GAD cantonales.

De acuerdo con UNEP (2020) las estrategias de mitigación deben ser coherentes con el impacto que se genera. Si Ecuador pretende avanzar en el cumplimiento de sus acuerdos multilaterales es importante que en el ámbito de acción de sus representantes políticos se realicen análisis de las emisiones de GEI que funcionen como ejemplo y fomenten a nivel comunitario la necesidad de acciones de mitigación, de acuerdo con el alcance de las emisiones.

Además, el estudio se encuentra alineado con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, directamente con el objetivo 13 “Acción por el clima” e indirectamente con los objetivos 11 “Ciudades y comunidades sostenibles” y 12 “Producción y consumo responsables”. A nivel nacional, su realización es coherente con lo declarado en el Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021 (Secretaría Nacional de Planificación (Senplades), 2017), ya que contribuye a su objetivo 3 por enfocarse a la identificación de las variables de impacto ambiental y a su mitigación, y aportar en la

garantía de la sostenibilidad ambiental territorial y al fortalecimiento de mecanismos y capacidades institucionales de prevención y control del impacto.

Por lo anterior, el cambio climático es un tema recurrente tanto en las agendas gubernamentales como no gubernamentales. Los efectos asociados a la variación de la temperatura son diversos, entre ellos, fenómenos meteorológicos más extremos y frecuentes, deshielo y retroceso de glaciares, acidificación de los océanos y alteración de corrientes oceánicas, extinciones y expansión de vectores de enfermedades, etc., por ello, el cambio climático constituye un amplio campo de investigación con múltiples líneas de estudio (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC), 2014). Por ejemplo, las emisiones de GEI captan el interés científico y direccionan los acuerdos bilaterales y multilaterales, ya que la acción humana es responsable y contribuye al aumento de sus niveles de concentración en la atmósfera, principalmente de CO<sub>2</sub>.

## Capítulo II: Marco teórico

### Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural que beneficia a los seres humanos porque mantiene la temperatura adecuada para la vida, en un promedio global cercano a 15°C. Sin el efecto invernadero, la temperatura promedio global de la Tierra sería diferente y la vida en la Tierra, tal como se conoce, sería imposible. Según Lacis (2012) el efecto invernadero es el calentamiento físico de la superficie del suelo que se produce en las atmósferas planetarias semitransparentes que se calientan por la radiación solar. Para que el efecto invernadero funcione, la atmósfera del planeta debe ser lo suficientemente transparente en las longitudes de onda visibles para permitir que la superficie del suelo absorba cantidades significativas de radiación solar. La atmósfera también debe ser lo suficientemente opaca en las longitudes de onda térmicas para evitar que la radiación térmica emitida por la superficie del suelo escape directamente al espacio. Debido a la actividad humana, se ha generado un desequilibrio en este fenómeno natural, ya que ha aumentado la temperatura global debido al incremento de los GEI.

El científico Svante Arrhenius (1859-1927) fue quien inició las investigaciones sobre el impacto de la combustión de los combustibles fósiles y su incidencia sobre lo que hoy conocemos como el calentamiento global. De acuerdo con sus análisis, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se relacionan con un incremento de la temperatura. Sin embargo, esta premisa no se verificó realmente hasta 1987 y un año después se reconocieron los efectos antropogénicos en el calentamiento global.

### Gases de efecto invernadero

Muchos compuestos químicos de la atmósfera actúan como gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases permiten que la luz solar (radiación de onda corta) pase

libremente a través de la atmósfera de la Tierra y calentar los continentes y los océanos. La Tierra calentada libera este calor en forma de luz infrarroja (radiación de onda larga), invisible para los ojos humanos. Una parte de la luz infrarroja liberada por la Tierra pasa a través de la atmósfera hacia el espacio. Sin embargo, los GEI no dejan pasar toda la luz infrarroja a través de la atmósfera. Absorben una parte y la irradian de nuevo hacia la Tierra (Doll & Baranski, 2011).

Los GEI pueden ser de origen natural y antropogénico. El vapor de agua ( $H_2O$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), metano ( $CH_4$ ) y ozono ( $O_3$ ) son los principales gases en la atmósfera terrestre, aunque otros gases industriales como el hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) también son dañinos. Las concentraciones atmosféricas de GEI han aumentado significativamente en las últimas décadas, principalmente del  $CO_2$ . Esto provoca que la eficiencia con la cual la Tierra reemite la energía proveniente del espacio disminuya (Benavides & León, 2007).

En la Tabla 1 se muestran emisiones de origen antropogénico, relacionadas con la construcción de los edificios.

**Tabla1**

*Emisiones de GEI más comunes asociadas a la construcción de edificios y sus respectivos impactos.*

<b>GEI</b>	<b>Duración en la atmósfera (años)</b>	<b>GWP (100-year)</b>	<b>Fuentes más típicas en el entorno del edificio</b>
$CO_2$	50–200	1	Combustión de combustibles fósiles procedentes de actividades como la generación de electricidad, la fabricación, el transporte y la combustión de residuos sólidos
$CH_4$	12	25	Combustión de gas natural y combustibles fósiles, fermentación entérica, residuos sólidos y orgánicos y la minería del carbón
$N_2O$	114	298	Actividades industriales, combustión de combustibles fósiles, residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales.
$CCl_3F$	45	4750	Refrigeración, aislamiento de aerosoles, propulsores, disolventes y aire acondicionado.

CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	100	10,900	
CHClF <sub>2</sub>	12	1810	
HFCs	Hasta 270	Hasta 14,800	Aire acondicionado, refrigerantes, fabricación de agentes espumantes para aislamiento, sistemas de extinción de incendios y aerosoles.

Tomado de Fenner et al. (2018)

### Huella de carbono

La huella de carbono es la medida del impacto de las emisiones de GEI, fundamentalmente de CO<sub>2</sub>, en concreto, aquellas que tienen un origen antropogénico, y se expresa normalmente en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>eq) (Espíndola & Valderrama, 2012). De manera puntual puede señalarse que se trata del impacto que se ejerce sobre el medio ambiente y que se puede contabilizar al considerar actividades específicas. Si bien parte de las emisiones de GEI son generadas de manera natural, otra parte significativa procede y es responsabilidad de la actividad humana. Al incrementar las emisiones de GEI se genera un desequilibrio natural ya que los sumideros naturales de GEI, como la vegetación terrestre o el fitoplancton oceánico, no logran absorber ese exceso de emisiones (Wiedmann & Minx, 2007).

Como la actividad humana es diversa, esta huella puede ser medida en diferentes ámbitos y en diferentes niveles de la estructura social. Por ejemplo, se puede cuantificar a nivel de una actividad productiva concreta, o también a nivel de ciudades, organizaciones o por individuos. Luego de realizado el cálculo, es necesario que se lleve a cabo un análisis de los factores más influyentes, para en función de esos resultados, establecer las estrategias de reducción y optimización de las actividades ejecutadas (Schneider & Samaniego, 2009).

Aunque, por lo general, se investiga sobre las fuentes directas e indirectas, en los últimos años también se incluye en el cálculo de la huella de carbono a las fuentes indirectas que resultan de su dinámica, pero que no pueden controlar, es decir, las emisiones generadas por fuentes indirectas fuera de los límites de la organización

estudiada. La inclusión de su consideración propicia un análisis integral y el diseño de acciones que contribuyan a la mitigación de las emisiones desde todos los ámbitos. La consideración de los tres alcances permite determinar el impacto real al medio ambiente.

Para estimar la huella de carbono en instituciones, como es el caso de este estudio, existen múltiples metodologías que varían en su enfoque. Mientras algunas se enfocan en todo el ciclo de vida de los productos y en la dinámica de la organización, es decir en su funcionamiento, otras prestan atención a las emisiones desde un enfoque mixto (Melo, 2018).

### **Gobierno Autónomo Descentralizado**

Estas instituciones forman parte de la organización territorial del Estado. Como su nombre lo indica, su gestión es descentralizada y gozan de autonomía en diferentes ámbitos, entre los que se incluye el financiero, el político y el administrativo (Constitución de la República, 2008). De manera puntual, con la autonomía política estas instituciones tienen facultades de tipo legislativo y ejecutivo de acuerdo con sus competencias y circunscripciones territoriales. Así es posible que en cada espacio geográfico del país se desarrollen proyectos acordes con sus realidades (Buendía, 2011). Los GADs se encuentran organizados en los siguientes niveles: regional, provincial, cantonal y parroquial. El GAD objeto de estudio se encuentra en el nivel cantonal, siendo uno de los 221 GAD cantonales del Ecuador. Entre las competencias exclusivas de los GADs municipales se encuentran un total de 14, destacando los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental; el tránsito y el transporte público; el uso y ocupación del suelo y, la prevención de incendios (Art. 264. Constitución de la República, 2008). En el GADMUR funcionan varias direcciones con responsabilidades y facultades específicas. Por ejemplo, la Dirección de Protección Ambiental tiene como

objetivo la incorporación de criterios e instrumentos para la protección ambiental, tanto en la sociedad como en los ámbitos de su función (GADMUR), 2021).

### Marco conceptual resumen

- **Cambio climático:** se conceptualiza como la variación estadística en el estado medio del clima. Esta variabilidad resulta tanto de procesos naturales, como de la actividad humana. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC), 2014)
- **Efecto invernadero:** es un fenómeno natural que beneficia a los seres humanos porque mantiene la temperatura adecuada para la vida (Lacis, 2012)
- **Gases de efecto invernadero:** se trata de los componentes gaseosos de la atmósfera que se generan ya sea de manera natural o por la acción de los seres humanos. Estos gases tienen la capacidad de absorber y emitir la radiación en específicas longitudes de onda (Doll & Baranski, 2011).
- **Huella de carbono:** es la medida del impacto de las emisiones de GEI, fundamentalmente de CO<sub>2</sub>, que tienen un origen antropogénico (Wiedmann & Minx, 2007).
- **Emisiones directas:** provienen de fuentes propias de las organizaciones (Schneider & Samaniego, 2009).
- **Emisiones indirectas:** provienen de fuentes que no pertenecen a la institución, pero de las cuales depende para su funcionamiento. Además, incluye a otras fuentes más allá de los límites de las organizaciones, pero que son resultado de las actividades que se desarrollan en las instituciones (Schneider & Samaniego, 2009).
- **Mitigación al cambio climático:** intervención antropogénica para reducir las fuentes de GEI o mejorar los sumideros (los procesos, las actividades o los mecanismos que eliminan un gas invernadero de la atmósfera). En los últimos años se han desarrollado múltiples tecnologías y prácticas de mitigación

aplicables en distintos sectores. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC), 2014)

- **Gobiernos Autónomos Descentralizados:** son instituciones que forman parte de la organización territorial del Estado. Como su nombre lo indica, se gestión es descentralizada y gozan de autonomía en diferentes ámbitos, entre los que se incluye el financiero, el político y el administrativo (Constitución de la República, 2008).

### **Marco legal y normativo**

De acuerdo con el tema del proyecto, el marco legal de esta investigación se relaciona con disposiciones nacionales e internacionales.

#### ***Alcance Internacional***

Referente al marco externo puede señalarse la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que entró en vigor en 1994 y tiene entre sus objetivos enfrentar el calentamiento global a partir de la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera.

**Protocolo de Kyoto.** Debido a los efectos del cambio climático, durante el último tercio del siglo XX se tomó conciencia a nivel internacional del peligro que suponía y de la necesidad de adoptar medidas para evitar el calentamiento del planeta. En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Dos años después, este grupo publicó su primera evaluación basada en estudios de 400 científicos donde se advertía a la comunidad internacional de un problema real que estaba modificando las condiciones de nuestro planeta, en él se apuntaba la necesidad de reducir las emisiones GEI entre un 60-80% respecto de los niveles de 1990. Gracias a este organismo, los gobiernos pusieron en marcha la Convención Marco de las Naciones

Unidas sobre el Cambio Climático, punto de partida del conocido como Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto, basándose en los principios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, es el acuerdo por el que en 1997 los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones de GEI.

El Protocolo de Kioto entró en vigor en 2005, adoptando finalmente los países industrializados el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% antes de 2012 respecto a los niveles de 1990. Los países menos desarrollados se comprometían, en principio, únicamente a realizar un inventario de todas sus emisiones de GEI.

La vigencia del Protocolo de Kioto finalizó en 2012, por lo que desde la 13<sup>a</sup> Conferencia de las Partes (COP 13) de Bali en 2007, se estuvo trabajando para alcanzar un acuerdo internacional que fijara un marco que lo sustituyera. Utilizando la hoja de ruta fijada en Bali, se negoció intensamente durante dos años con el objetivo de alcanzar en diciembre de 2009, en la decimoquinta (COP 15) celebrada en Copenhague, un ambicioso acuerdo internacional de lucha contra el cambio climático. A pesar de las altísimas expectativas generadas, el documento que surgió de la reunión de alto nivel no recibió una valoración muy positiva, ya que no permitió alcanzar un acuerdo legalmente vinculante de reducción de emisiones para después de los objetivos establecidos para 2012.

**Acuerdo de París.** En el marco de la CMNUCC, el Acuerdo de París de 2015, adoptado en la COP21 de París, tiene el objetivo de prevenir que la temperatura media global exceda los 2°C respecto a los niveles preindustriales. Para ello, apunta hacia la reducción de las emisiones y a la consolidación de medidas de mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático para contribuir al desarrollo sostenible.

### ***Alcance Nacional***

La Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (ENCC) 2012-2025 se encarga de establecer las estrategias que se deben implementar en el país para que se reduzcan las emisiones de GEI en todos los ámbitos. Así el país busca contribuir a las metas internacionales sobre la estabilización de las emisiones. En tanto, el Comité Interinstitucional de Cambio Climático es la instancia desde la cual se coordinan y articulan las políticas de mitigación y enfrentamiento.

El MAAE dispuso en 2019 las herramientas para integrar los criterios de cambio climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT). Específicamente se señala que se deben desarrollar actualizaciones en los planes para que desde los gobiernos locales se promueva una economía que se caracterice por la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se orienta el diseño e implementación de medidas de mitigación en coherencia con la situación de cada territorio.

Por su parte, el Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021 (Secretaría Nacional de Planificación (Senplades), 2017) señala entre sus políticas el fomento de la adaptación y mitigación del cambio climático. Específicamente, el objetivo 3 apunta hacia la sostenibilidad ambiental no sólo global, sino también territorial. De manera puntual, se dispone el fortalecimiento de los mecanismos y las capacidades locales para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

**Constitución del Ecuador.** Como parte del ordenamiento jurídico nacional, la Constitución de la República (2008) dispone en el artículo 395, la implementación de un modelo sustentable de desarrollo que sea equilibrado ambientalmente, mientras el artículo 396 señala que el Estado debe implementar las acciones oportunas para evitar impactos ambientales negativos. En el artículo 414 es explícita la responsabilidad del Estado en la adopción de medidas para la mitigación del cambio climático a partir de las reducciones de las emisiones de GEI.

Respecto a los GAD, la Constitución de la República (2008) dispuso cambios en la organización administrativa del país. Desde el artículo 238 hasta el artículo 241 la Constitución (2008) establece el funcionamiento de estas instituciones. Específicamente se señala la planificación como una actividad prioritaria de estos gobiernos y de garantía del ordenamiento territorial.

**Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).** El artículo 3 del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (Presidencia de la República del Ecuador, 2010) define que los principios que guían el ejercicio de las funciones de estas instituciones son la unidad, la igualdad, la solidaridad, la coordinación, la participación ciudadana y la corresponsabilidad. De manera específica se señala el principio de sustentabilidad del desarrollo que apunta hacia la implementación de una visión integral de progreso en armonía con los aspectos ambientales. Además, en el artículo 4 del COOTAD se menciona el alcance de un hábitat seguro y saludable como uno de los fines de estas instituciones.

### Capítulo III: Metodología

Se cumplió con los objetivos propuestos y recopiló la información de interés se propuso un procedimiento metodológico que se especificó en este apartado. Es importante señalar que el estudio que se planteó un diseño no experimental. Esto significa que no se manipuló las variables antes de la recogida y análisis de la información. Para el cálculo de la huella de carbono en el palacio municipal del GADMUR se recopilarán los datos sobre el comportamiento de cada variable durante 2019 y 2020.

La investigación demostró un enfoque cuantitativo. El interés fue recopilar información cuantificable y determinó la huella de carbono del palacio del GADMUR. Según Hernández et al. (2010) La cuantificación fue un proceso que requirió de la deducción para dar respuesta a los objetivos definidos.

Para ejecutar el proyecto propuesto se empleó los siguientes métodos:

- **Método deductivo:** Parte de fundamentos teóricos para el desarrollo del marco conceptual. En coherencia con los postulados teóricos sobre los tipos de fuentes de las emisiones se identificó la metodología más conveniente que determinó la huella de carbono.

- **Analítico-sintético:** su aplicación propició e identificó no solo la información de interés para la investigación en términos teóricos y empíricos, sino también discernió entre el volumen de información proveída del GAD y la que verdaderamente se ajusta a los indicadores de cada una de las variables.

- **Método de análisis:** con su aplicación fue posible calcular, presentar y analizar la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR durante 2019 y 2020.

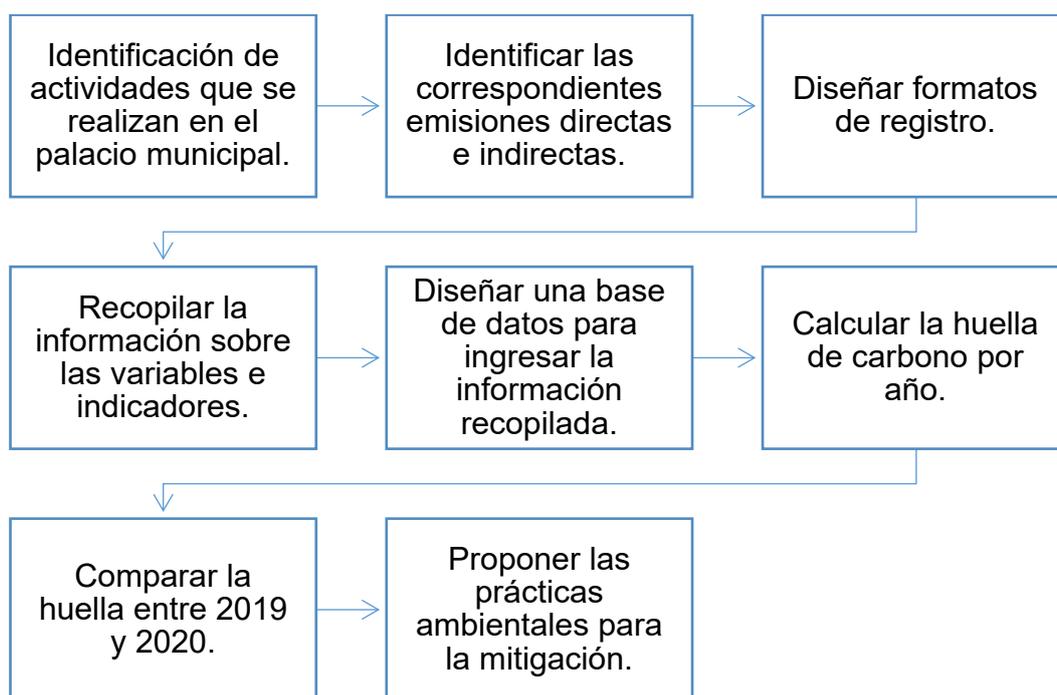
## Recopilación y organización de la información

### *Fases del proceso metodológico*

Para cumplir con los objetivos identificados fue necesario desarrollar el proceso mostrado en la Figura 1.

#### **Figura1**

*Fases de la investigación.*



### **Propuestas metodológicas y alcances**

Ante la problemática mundial del cambio climático y el compromiso de los países en su combate, incrementó el interés de cuantificar y documentar la huella de carbono de entidades en diferentes niveles de la estructura social y las variables más incidentes. Por ello, se desarrolló una serie de propuestas metodológicas, algunas de las cuales se señalan seguidamente con el fin y se justificó la que se seleccionó para la investigación. De la presentación se excluye aquellas que se enfocaron en la huella de carbono de productos, como fue, ISO 14067, debido a que la unidad de análisis del proyecto es una institución.

Las metodologías disponibles son:

- ISO 14040 Gestión Ambiental-Ciclo de Vida: se empleó para productos y servicios como su nombre indica con su implementación se recopiló información sobre variables presentes en todo el ciclo de vida. Específicamente, se compuso de cuatro fases: delimitación de objetivos y alcance, análisis e inventario, evaluación del impacto e interpretación.
- ISO 14064 Gases de efecto invernadero: se requirió de la delimitación de la organización para cuantificar, informar y mitigar las emisiones. Se incluyó orientaciones en relación con sus principios y procesos. De acuerdo a sus procedimientos, esta metodología se enfocó a la comparación y para ello fue necesario y se identificó un año base o períodos dentro de un mismo año.
- ISO 14069 Cuantificó e informe de las emisiones de GEI para las organizaciones: esta metodología se diseñó para cuantificar e informar sobre las emisiones de GEI en las organizaciones. No sólo incluyó a las emisiones directas, sino también a las indirectas y estableció los límites de las organizaciones.
- Bilan Carbone: se ajustó al marco de ISO 14.064 y GHG Protocolo. Permitió la conversión de los datos relativos a las actividades productivas en factores de emisión.
- PAS 2050: se enfocó en las emisiones de un producto durante su ciclo de vida. Además, se declaró cada uno de los procedimientos que siguió en el cálculo de la huella.
- GHG Protocolo: se enfocó tanto a organizaciones como a productos.

Para el presente trabajo se utilizó la metodología de GHG Protocol. También requirió de la definición de los límites geográficos y estableció tres tipos de alcance de las emisiones:

- Alcance 1: emisiones que se encuentran relacionadas de manera directa con una organización, entidad o sector. Esto significa que se consideró las fuentes que son propiedad de la institución.

Para calcular las emisiones de estas fuentes se utilizó la metodología propuesta. Primero se obtuvo la cantidad total de combustible consumido en el periodo de estudio. El consumo de estos combustibles se adquirió mediante la facturación de su compra proveídos por Jefe de transporte de la entidad

Además, se obtuvieron las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se hizo uso de los factores de emisión para cada combustible. A continuación, se multiplica cada resultado por el potencial de calentamiento global de cada uno para poder obtener la emisión total en unidades de CO<sub>2</sub>-eq. En la tabla 2 se muestran los factores de emisión y potenciales de calentamiento global

**Tabla2**

*Factores de emisión en kg/L y potenciales de calentamiento global Factores de emisión de gases de efecto invernadero décima edición, 2020*

CO <sub>2</sub>	2.231
CH <sub>4</sub>	0,001176
N <sub>2</sub> O	0,000116
<b>Potencia de Calentamiento Global</b>	
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

Alcance 2: aquellas emisiones indirectas, es decir, se consideró fuentes que no pertenecieron a la institución, pero de las cuales dependió para su funcionamiento.

Se determinó la emisión de GEI producidos por la generación de energía eléctrica, se consiguió los datos del consumo eléctrico del Palacio Municipal para el período en cuestión en unidades de kWh. Esta información se logró a partir de la facturación de energía eléctrica proveída por la oficina de finanzas.

Para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente emitido por el consumo de la energía eléctrica se multiplicó la cantidad total de kWh usados por el Palacio Municipal en el período de estudio por cada factor de emisión obtenido y por su respectivo potencial de calentamiento global para alcanzarlas emisiones totales en unidades de CO<sub>2</sub>-eq, se utilizó la ecuación 1:

$$E = (Ct \times fe_{CO_2} \times PCG_{CO_2}) + (Ct \times fe_{CH_4} \times PCG_{CH_4}) + (Ct \times fe_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \quad (1)$$

Donde:

E = Emisión total de CO<sub>2</sub>-eq por compra de energía eléctrica

Ct = Consumo total de electricidad en el periodo de estudio (kwh)

fe<sub>CO<sub>2</sub></sub> = Factor de emisión de CO<sub>2</sub>

fe<sub>CH<sub>4</sub></sub> = Factor de emisión de CH<sub>4</sub>

fe<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = Factor de emisión de N<sub>2</sub>O

PCG<sub>CO<sub>2</sub></sub> = Potencial de Calentamiento Global del CO<sub>2</sub>

PCG<sub>CH<sub>4</sub></sub> = Potencial de Calentamiento Global del CH<sub>4</sub>

PCG<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = Potencial de Calentamiento Global del N<sub>2</sub>O

Para el cálculo de las emisiones se tomó como referencia los factores de emisiones determinados por (Pérez-Sierra, 2018) para el Ecuador (Tabla 3), los cuales son aceptables en comparación con lo propuesto en la IPCC (2017).

**Tabla3**

*Factores de Emisión por generación eléctrica del Ecuador (g/kWh), (Pérez-Sierra, 2018).*

CO <sub>2</sub>	188,82
CH <sub>4</sub>	0,02
N <sub>2</sub> O	0,0013
Potencia de Calentamiento Global	
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

Alcance 3: se relacionó con fuentes indirectas más allá de los límites de las organizaciones, pero que son resultado de las actividades que se desarrollaron en las instituciones.

Se realizaron los cálculos relacionados con la emisión de GEI debidos a la movilidad terrestre que utilizaron los trabajadores del GADMUR. Se aplicó una encuesta de movilidad al personal de la cual se obtuvieron datos de la ubicación geográfica exacta de dónde vienen los trabajadores, el medio de transporte usado, las veces por semana que usan el medio de transporte, distancia recorrida por cada persona y en el caso de los vehículos particulares. Se obtuvieron los datos de la marca, modelo, año y combustible usado por el vehículo, entre otros, todos estos datos se recolectaron para antes de la pandemia (AP) y durante la pandemia (DP).

Se logró también la distancia total recorrida por días y el rendimiento de cada vehículo y calculó la cantidad de combustible usado al año por vehículo.

Se calculó las emisiones de GEI de los vehículos se necesitaron los siguientes datos:

Se conoció el tipo y la cantidad de combustible consumido

- Tipo de combustible: gasolina, gasóleo, E10 (mezcla de un 10 % de bioetanol y el resto de gasolina), B30 (mezcla de un 30 % de biodiesel y el resto de gasóleo), GLP, etc.

En caso de tratarse de coches eléctricos o híbridos enchufables las emisiones derivadas del consumo de electricidad se consideró como emisiones indirectas englobadas en el alcance 2

Cantidad de combustible: en función de si el vehículo es de combustión interna, eléctrico o se trató de un híbrido, los consumos se cuantificaron de la siguiente manera:

- Vehículos de combustión interna: litros de cada uno de los combustibles consumidos por los vehículos durante el periodo de cálculo.
- Vehículos de propulsión eléctrica: la electricidad consumida por estos vehículos se contabilizó dentro del alcance 2.
- Vehículos híbridos: en caso de ser híbridos enchufables, se contabilizó los litros de combustible consumido y los kWh de electricidad consumida en el alcance 2. Si se trata de híbridos no enchufables, únicamente habrá que considerar el dato de litros de combustible consumido ya que la electricidad la genera el propio vehículo.

Para calcular las emisiones de GEI en los vehículos se utilizó la ecuación 1 aplicada a cada uno de los tres gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ), sustituyendo Ct por Consumo total de combustible (Cc)

Para calcular la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR se propone el empleo de la metodología GHG Protocol por su aporte sobre los alcances de las emisiones. Además, se trabajará con ISO 14064 Gases de efecto invernadero porque favorece la comparación en el análisis de la huella de carbono de las organizaciones y ese es uno de los objetivos de esta investigación.

Los factores de emisión de las diferentes materias primas se obtuvieron principalmente de bases de datos internacionales como el IPCC (2006) y Ecoinvent versión 2.2 y 3. Para el FE de energía eléctrica se utilizó el elaborado específicamente para el Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2013). Las variables de investigación a consideradas se especificaron en la Tabla 4:

**Tabla4**  
*Variables de investigación.*

Variable	Dimensión	Indicadores (unidades)	Fuente de información	
Independiente	Emisiones directas alcance 1	Uso de combustible diésel, gasolina, GLP (vehículos, generadores) (litros o galones)	Facturas de combustible y de aceite y entrevistas a director de Unidad de transportes de GADMUR	
		Uso de aceites (vehículos, generadores) (litros o galones)	Unidad de transportes de GADMUR	
		Uso de recursos inorgánicos	Cálculo de peso de residuos orgánicos e inorgánicos de un mes para extrapolar a año	
		Residuos orgánicos (kg)		
		Residuos inorgánicos (kg)		
		Consumo de gas (litros o galones)	Facturas de gas	
	Emisiones indirectas de alcance 2	Consumo de energía generadores /aires acondicionados (Kwh)	Facturas de consumo de energía	
		Consumo de energía eléctrica (Kwh)	Facturas de luz	
		Consumo de agua (m3)	Facturas de agua	
		Emisiones indirectas de alcance 3	Movilidad del talento humano desde/hacia residencia habitual o por viajes de trabajo	Encuesta a empleados de GADMUR sobre transporte
			Compra de recursos de oficina (kg)	Factura de recursos de oficina
			Compra de recursos inorgánicos (kg)	Factura de recursos inorgánicos
Compra de combustible (litros o galones)	Facturas de combustible			
Compra de aceites (litros o galones)	Facturas de aceites			

		Compra de refrigerantes (litros o galones)	Factura de refrigerantes
Dependiente	Huella de carbono	Total, anual de toneladas métricas o kg de CO <sub>2</sub> -equivalente Toneladas métricas anuales o kg de CO <sub>2</sub> -equivalente per cápita Toneladas métricas anuales o kg de CO <sub>2</sub> -equivalente por m <sup>2</sup>	Base de datos y cálculos realizados en la presente tesis. Informe final tesis

Para la recopilación de información de interés se emplearon las siguientes técnicas:

- Revisión bibliográfica-documental: con esta técnica se obtiene la información necesaria se desarrolló el marco teórico, metodológico y legal de la investigación.
- Fichas de recolección de datos empíricos: se diseñó fichas que viabilizaron la recopilación de los datos necesarios para el cálculo de acuerdo con cada una de las actividades.
- Encuesta
- Entrevista

La estrategia de investigación fue coherente con los pasos y fases delimitadas. Se inició por lo general se culminó en lo particular de acuerdo con los objetivos específicos delimitados. Se alcanzó el tercer objetivo específico referente a la propuesta fue necesario primero se calculó la huella de carbono y se analizaron los resultados.

El estudio comprendió una etapa de revisión bibliográfica con el fin de fundamentar y conceptualizar todo lo relacionado con la huella de carbono. Se cumplió esta etapa del trabajo se avanzó hacia la investigación de campo y se calculó la huella de carbono del Palacio Municipal del GADMUR durante 2019 y 2020.

### **Recopilación de datos**

Datos de partida del palacio municipal del GADMUR para 2019 y 2020:

- Área total edificada (m<sup>2</sup>): 3384,07 m<sup>2</sup>
- Volumen total edificado (m<sup>3</sup>): 40608,84 m<sup>3</sup>
- Número de empleados (n°): 795

### **Población y muestra**

Para el cálculo de la muestra se utilizó la ecuación 2:

$$n = \frac{z^2(p*q)}{e^2 + \frac{(z^2(p*q))}{N}} \quad (2)$$

Donde:

- **N = tamaño de la población**
- **e = margen de error** (porcentaje expresado con decimales)
- **p = valor de desviación estándar**. Si no se conoce su valor, se usará un 50%, es decir, 0,5 en la fórmula.

**z = nivel de confianza (puntuación z)**. Es una variable que depende del nivel de confianza.

Para este caso se utilizó un margen de error del 8% con un nivel de confianza del 95% y un tamaño de la población de 795. Sustituyendo estos datos en la fórmula el resultado del tamaño de la muestra es de 129, por lo que el número de encuestas válidas son mayor a esta cifra.

### **Cuestionario**

**TEMA:** Huella de carbono del palacio municipal del GAD Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y plan de mitigación

**OBJETIVO DE LA ENCUESTA:** Determinar la huella de carbono asociada a la movilidad del talento humano GADMUR desde su residencia habitual hacia el Palacio municipal del GAD Rumiñahui durante 2019 y 2020.

**Encuesta:** Movilidad antes de la pandemia por COVID-19 (01 enero 2019 al 16 marzo 2020)

1. ¿Cuál es el medio de transporte que usa más frecuentemente para trasladarse desde su residencia habitual al GAD Rumiñahui?

a) No utilicé ningún medio de transporte: realicé teletrabajo

b) A pie (caminando)

c) Bicicleta

d) Bicicleta eléctrica

e) Moto

f) Van-buseta (capacidad: 12 personas)

g) Bus (capacidad: 35-45 personas)

h) Taxi

i) Automóvil propio a diésel

j) Automóvil propio a gasolina

k) Automóvil propio híbrido

2. Si viaja en taxi o automóvil propio: ¿cuál es la ocupación o número de personas que viajan en el mismo automóvil desde su domicilio al GAD Rumiñahui (sin contar el taxista)?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

3. Si viajas en automóvil propio, indique:

- a) Año del automóvil: \_\_\_\_\_
- b) Marca y modelo: \_\_\_\_\_
- c) Peso en kilogramos (opcional): \_\_\_\_\_

4. Indique su Dirección (origen) o la intersección de calles más cercana a su dirección

- a) Calle: \_\_\_\_\_
- b) No: \_\_\_\_\_
- c) Intersección de calles: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuántos Kilómetros recorre desde su domicilio para ir al GAD Rumiñahui?  
\_\_\_\_\_

6. ¿Cuántas veces al día realiza el recorrido desde su domicilio al GAD Rumiñahui?  
(considere una sola dirección. Si es ida y vuelta, la respuesta sería 2)

- a) 1
- b) 2

c) 3

d) 4

7. Cuántas veces a la semana realiza el recorrido desde su domicilio al GAD Rumiñahui?

a) Todos los días de la semana

b) 5 días laborables

c) 6 días

d) 1 día

e) 2 días

f) 3 días

g) 4 días

8. ¿Cuánto tiempo (minutos) aproximadamente demora usualmente en llegar desde su lugar de residencia al GAD Rumiñahui?

a) Entre 5 y 15 min

b) Entre 15 y 30 min

c) Entre 30 y 45 min

d) Entre 45 y 60 min

e) Entre 60 y 75 min

f) Entre 75 y 90 min

g) Más de 90 min

9. ¿Hasta qué fecha del 2020, usted teletrabajó o permaneció sin asistir presencialmente al Palacio Municipal GAD Rumiñahui debido a la pandemia COVID? Nota: Si usted teletrabajó durante todo el 2020, escriba 31-diciembre-2020

10. ¿Cuántos MESES realizó TELETRABAJO para el GADMUR entre el 17 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2020? Nota: Entre el 17 de marzo de 2020 y el 31 de diciembre de 2020, hay 9 meses y 13 días (Aproximadamente 9.5 meses)

**Encuesta 2:** Movilidad durante la pandemia por COVID-19 (17 marzo 2020 al 31 de Diciembre 2020)

1. ¿Cuál es el medio de transporte que usa frecuentemente para trasladarse desde su residencia habitual al GAD Rumiñahui?

- a) No utilicé ningún medio de transporte: Realicé teletrabajo
- b) Caminando, a pie
- c) Bicicleta
- d) Bicicleta eléctrica
- e) Moto
- f) Van-buseta (capacidad: 12 personas)
- g) Bus (capacidad: 35-45 personas)
- h) Taxi
- i) Automóvil propio a diésel
- j) Automóvil propio a gasolina
- k) Automóvil propio híbrido

2. Si viaja en taxi o automóvil propio: ¿cuál es la ocupación o número de personas que viajan en el mismo automóvil desde su domicilio al GAD Rumiñahui (sin contar el taxista)?

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

3. Si viajas en automóvil propio, indique:

Año del automóvil: \_\_\_\_\_

Marca y modelo: \_\_\_\_\_

Peso en kilogramos (opcional): \_\_\_\_\_

4. Indique su Dirección (origen) o la intersección de calles más cercana a su dirección

Calle: \_\_\_\_\_

No: \_\_\_\_\_

Intersección de calles: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuántos Kilómetros recorre desde su domicilio para ir al GAD Rumiñahui?

\_\_\_\_\_

6. ¿Cuántas veces al día realiza el recorrido desde su domicilio al GAD Rumiñahui?

(considere una sola dirección. Si es ida y vuelta, la respuesta sería 2)

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

7. Cuántas veces a la semana realiza el recorrido desde su domicilio al GAD Rumiñahui?

- a) Todos los días de la semana
- b) 5 días laborables
- c) 6 días
- d) 1 día
- e) 2 días
- f) 3 días
- g) 4 días

8. ¿Cuánto tiempo (minutos) aproximadamente demora usualmente en llegar desde su lugar de residencia al GAD Rumiñahui?

- a) Entre 5 y 15 min
- b) Entre 15 y 30 min
- c) Entre 30 y 45 min
- d) Entre 45 y 60 min
- e) Entre 60 y 75 min

- f) Entre 75 y 90 min
- g) Más de 90 min

### **Guía de la entrevista**

**TEMA:** Huella de carbono del palacio municipal del GAD Rumiñahui durante 2019 y 2020: efectos COVID y plan de mitigación

**Entrevistadora:** Ana Díaz

**Entrevistado:** Director de Unidad de transportes de GADMUR (nombre)

### **Objetivos:**

- Definir el tipo de combustible y aceites que usan los vehículos, las máquinas o equipamientos.
- Determinar la cantidad de combustible y aceites que se ha consumido a lo largo del año en m<sup>3</sup>, galones o litros para cada uno de los equipos.

La importancia de esta entrevista es que con la información recopilada de ella se pretende determinar parte del alcance 1 para el cálculo de la huella de carbono del palacio municipal del GADMUR durante 2019 y 2020. Se espera así cuantificar la incidencia diferenciada de las emisiones directas, comparar los datos de los años 2019 y 2020 y los posibles efectos del COVID.

### **Preguntas:**

1. ¿Con que cantidad de vehículos cuenta el palacio municipal del GAD Rumiñahui?
2. ¿Cuál es la antigüedad de cada uno de los vehículos del palacio municipal del GAD Rumiñahui?

3. ¿Qué tipos de combustible utilizan los diferentes vehículos del palacio municipal del GAD Rumiñahui?
3. ¿Cuántos litros de combustible se gastaron aproximadamente en cada mes de los años 2019 y 2020?
4. ¿Qué distancia recorrió cada vehículo aproximadamente en los años 2019 y 2020?
5. ¿Cuáles son los distintos tipos de aceites que se emplean en la transportación del palacio municipal del GAD Rumiñahui?
6. ¿Cuántos litros de aceites se gastaron aproximadamente en los años 2019 y 2020?
7. ¿Existen otras máquinas que consuman combustible en el palacio municipal del GAD Rumiñahui? De ser así ¿Cuáles son?
8. ¿Qué tipo de combustible usan?
9. ¿Qué cantidad de combustible gastaron aproximadamente esas otras máquinas en los años 2019 y 2020?
10. ¿Qué tipo de aceite usan?
11. ¿Cuántos litros de aceites gastaron aproximadamente esas otras máquinas en los años 2019 y 2020?

## Capítulo IV: Resultados y Discusión

### Cálculo del Alcance 1

#### Emisiones relacionadas con la movilidad del transporte propio de la entidad

Las emisiones directas de CO<sub>2</sub>-eq del palacio por las fuentes fijas y móviles que se encuentran controladas directamente por el GAD. Se encontró que estas emisiones están dadas principalmente por la quema de combustibles, utilizados en diferentes vehículos que pertenecen a la institución.

Para determinar los datos de este alcance se realizó una entrevista al director administrativo, con el objetivo de cuantificar el número y tipo de cada uno de los vehículos y equipos utilizados en la Unidad de Transportes del GADMUR en los años 2019 y 2020; definir el tipo de combustible que usan los vehículos, las máquinas o equipamientos; determinar la cantidad de combustible que se ha consumido a lo largo del año 2019 y 2020 en m<sup>3</sup>, galones o litros para cada uno de los vehículos y equipos.

Los datos obtenidos mediante el cálculo de las emisiones a través de la ecuación 1 y de una plantilla Excel se representan en la Tabla 5, donde se muestran los meses, tipos de combustible consumidos y los tipos de emisiones por cada combustible.

Se muestra un ejemplo del cálculo para el mes de enero del consumo de gasolina súper, se divide entre 1000 para llevar el resultado a toneladas, así para cada uno de los meses.

$$E = \left( 130,87 \text{ (l)} \times 2.231 \left( \frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) \times \frac{1}{1000} \right) + \left( 130,87 \text{ (l)} \times 0.001176 \left( \frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) \frac{28}{1000} \right) + \left( 130,8 \text{ l} \times 0.000116 \left( \frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) \times \frac{265}{1000} \right) = 0.3 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 130.87 corresponde a los galones de consumo de gasolina por parte de los servidores del GADMUR (Tabla 5). El factor 2.231 es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>, se obtuvo de tabla 2 (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 2, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad (1000 kg = 1t) esto se hace para cada factor de emisión para obtener el valor en toneladas de cada gas, luego se suma por las emisiones de CH<sub>4</sub> donde 0.001176 es el factor de emisión de dicho gas, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad y el factor 28 se obtuvo de la tabla 2. Y se hace la misma operación para el N<sub>2</sub>O, donde 0.000116 es el factor de emisión el factor 265 se obtuvo de la tabla 2 el resultado de la ecuación, 0.33 (t CO<sub>2</sub>-eq) se encuentra en la primera fila y penúltima columna de la tabla 5.

**Tabla5**

*Consumo combustible (galones) y emisiones por meses en 2019 y 2020*

## Consumo combustible (galones) y emisiones por meses 2019

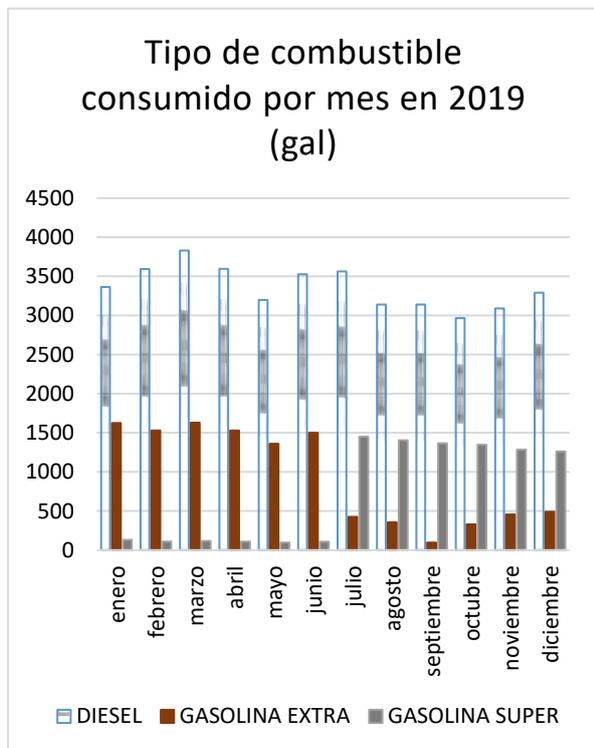
Meses	DIESEL	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Diésel	GASOLINA EXTRA	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Gasolina Extra	GASOLINA SUPER	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Gasolina Súper	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] TOTALES
enero	3363,420	28,514	0,421	0,393	29,328	1625,199	13,778	0,203	0,190	14,171	130,869	0,292	0,004	0,004	0,300	43,800
febrero	3592,923	30,460	0,450	0,420	31,329	1528,414	12,958	0,191	0,179	13,327	108,954	0,924	0,014	0,013	0,950	45,607
marzo	3829,423	32,465	0,479	0,447	33,392	1628,676	13,808	0,204	0,190	14,202	115,970	0,983	0,015	0,014	1,011	48,604
abril	3595,316	30,480	0,450	0,420	31,350	1529,108	12,963	0,191	0,179	13,333	108,885	0,923	0,014	0,013	0,949	45,633
mayo	3197,999	27,112	0,400	0,374	27,886	1360,127	11,531	0,170	0,159	11,860	96,850	0,821	0,012	0,011	0,845	40,590
junio	3526,073	29,893	0,441	0,412	30,746	1499,659	12,714	0,188	0,175	13,077	106,780	0,905	0,013	0,012	0,931	44,754
julio	3562,275	30,200	0,446	0,416	31,062	424,133	3,596	0,053	0,050	3,698	1448,781	12,282	0,181	0,169	12,633	47,393
agosto	3139,761	26,618	0,393	0,367	27,378	354,915	3,009	0,044	0,041	3,095	1403,719	11,900	0,176	0,164	12,240	42,713
septiembre	3139,761	26,618	0,393	0,367	27,378	97,289	0,825	0,012	0,011	0,848	1366,240	11,583	0,171	0,160	11,913	40,139
octubre	2966,242	25,147	0,371	0,346	25,865	328,448	2,785	0,041	0,038	2,864	1347,413	11,423	0,169	0,157	11,749	40,478
noviembre	3090,266	26,199	0,387	0,361	26,946	456,049	3,866	0,057	0,053	3,977	1284,726	10,892	0,161	0,150	11,202	42,125
diciembre	3290,805	27,899	0,412	0,384	28,695	489,419	4,149	0,061	0,057	4,268	1262,636	10,704	0,158	0,147	11,010	43,972
<b>Total</b>	40294,264	341,607	5,042	4,707	351,355	11321,436	95,981	1,417	1,322	98,720	8781,823	74,451	1,099	1,026	76,575	526,651

## Consumo combustible (galones) y emisiones por meses 2020

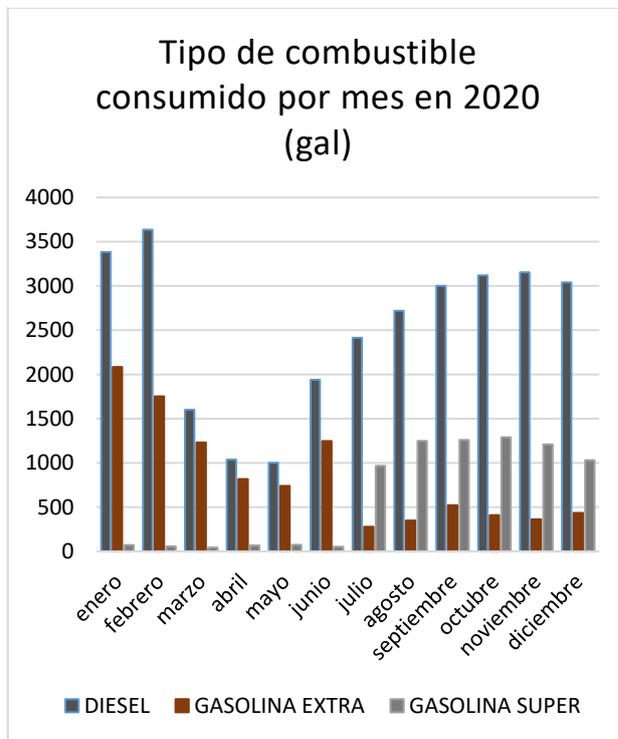
Meses	DIESEL	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Diésel	GASOLINA EXTRA	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Gasolina Extra	GASOLINA SUPER	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)	Emisión de CH <sub>4</sub> (t)	Emisión de N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] Gasolina súper	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] TOTALES
enero	3.383,428	28,684	0,423	0,395	29,503	2083,452	17,663	0,261	0,243	18,167	73,259	0,621	0,009	0,009	0,639	48,309
febrero	3634,7944	30,815	0,455	0,425	31,694	1753,114	14,863	0,219	0,205	15,287	57,324	0,486	0,007	0,007	0,500	47,481
marzo	1601,003	13,573	0,200	0,187	13,960	1230,779	10,434	0,154	0,144	10,732	43,104	0,365	0,005	0,005	0,376	25,068
abril	1037,177	8,793	0,130	0,121	9,044	817,989	6,935	0,102	0,096	7,133	66,796	0,566	0,008	0,008	0,582	16,759
mayo	1002,56	8,500	0,125	0,117	8,742	740,955	6,282	0,093	0,087	6,461	74,190	0,629	0,009	0,009	0,647	15,850
junio	1939,081	16,439	0,243	0,227	16,908	1247,120	10,573	0,156	0,146	10,875	52,252	0,443	0,007	0,006	0,456	28,238
julio	2414,516	20,470	0,302	0,282	21,054	278,676	2,363	0,035	0,033	2,430	966,870	8,197	0,121	0,113	8,431	31,915
agosto	2718,605	23,048	0,340	0,318	23,706	347,994	2,950	0,044	0,041	3,034	1248,869	10,588	0,156	0,146	10,890	37,630
septiembre	3000,798	25,440	0,375	0,351	26,166	521,714	4,423	0,065	0,061	4,549	1259,548	10,678	0,158	0,147	10,983	41,698
octubre	3120,042	26,451	0,390	0,364	27,206	410,260	3,478	0,051	0,048	3,577	1290,734	10,943	0,162	0,151	11,255	42,038
noviembre	3153,265	26,733	0,395	0,368	27,496	362,775	3,076	0,045	0,042	3,163	1208,504	10,245	0,151	0,141	10,538	41,197
diciembre	3040,797	25,779	0,380	0,355	26,515	435,662	3,693	0,055	0,051	3,799	1030,335	8,735	0,129	0,120	8,984	39,298
<b>Total</b>	30.046,066	254,725	3,760	3,510	261,994	10230,489	86,732	1,280	1,195	89,207	7371,785	62,497	0,922	0,861	64,280	415,481

En las figuras 2 y 3 que se muestran se evidencian la cantidad de combustible consumida por cada mes

**Figura3**  
*Tipo de combustible consumido por mes en 2019 (galones)*



**Figura2**  
*Tipos de combustible consumido por mes en 2020*

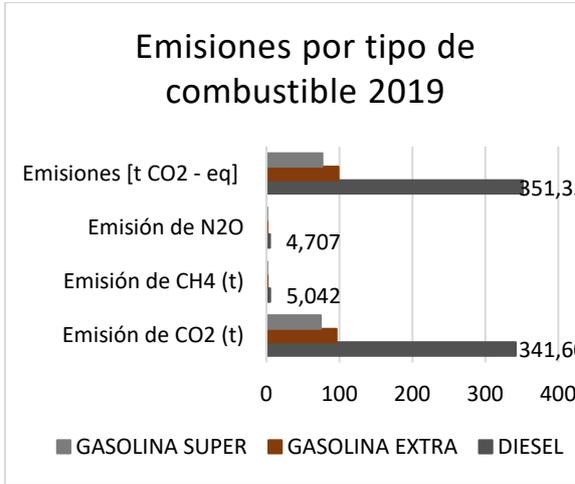


El tipo de combustible que más se consumió fue el diésel con un total para el 2019 de 40294.264 galones de combustible y para el 2020, de 30046.066 galones, seguido este por la gasolina extra.

En las figuras 4 y 5 se muestran las emisiones por tipo de combustible de los dos años.

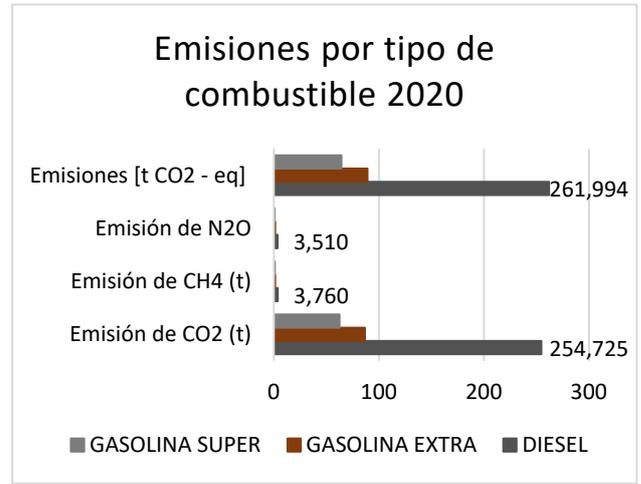
**Figura4**

*Emisiones por tipo de combustible 2019*



**Figura5**

*Emisiones por tipo de combustible 2020*

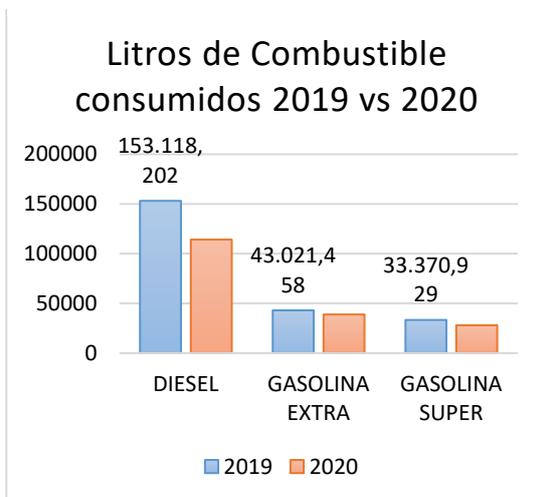


Como se muestra en las figuras 4 y 5, el tipo de combustible que más emite GEI es el diésel con emisiones de 351.35 t de CO<sub>2</sub> eq para el año 2019 y 261,9 t de CO<sub>2</sub> eq para el año 2020.

En las figuras 6 y 7 se muestra una comparación de los litros de combustibles consumidos y la cantidad de GEI emitidos de los periodos estudiados

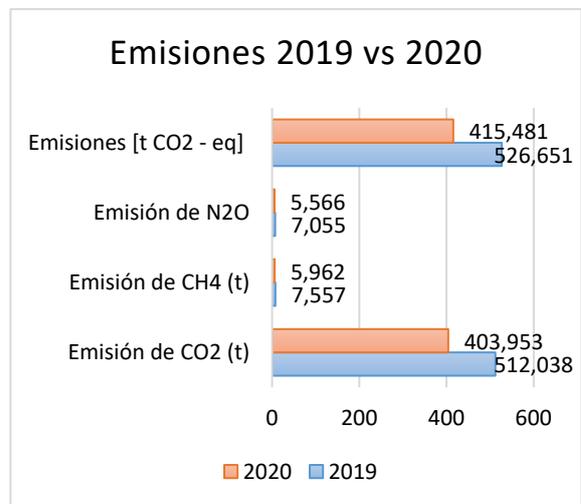
**Figura7**

*Litros de Combustible consumidos 2019*



**Figura6**

*Emisiones 2019 vs 2020*



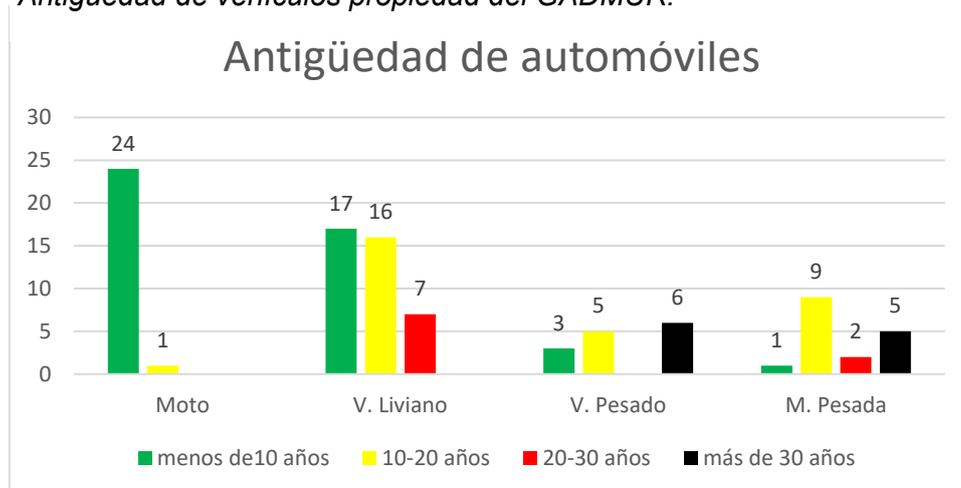
En el año 2019 fue el año de mayor consumo con 229510,58 litros de combustible en total y el año 2020 tuvo un consumo de 181063,69 litros, por ende, el año donde hubo más polución fue el 2019 con 526,65 t CO<sub>2</sub> – eq y en el año 202 se redujo a 415,48 t CO<sub>2</sub> – eq mayormente a casa de los efectos de la pandemia causada por la COVID 19.

La flota de transporte del GAD está formada por un total de 96 vehículos, de los cuales: 25 motocicletas, 40 vehículos livianos, 14 vehículos pesados y 17 maquinarias pesadas, de estos, 36 vehículos consumen diésel, y 60 gasolina. Aunque existe un menor número de vehículos que consumen diésel, el consumo de diésel en galones es mayor al de gasolina debido a que es consumido por los vehículos de mayor tamaño.

Un automóvil de gasolina genera más CO<sub>2</sub> que un diésel, sin embargo, este último genera más óxidos de nitrógeno. Por tanto, para saber cuál contamina más, se mira otros aspectos como el año de fabricación del automóvil, pues los automóviles anteriores a 2005 tienen un nivel de emisiones superiores a los de épocas posteriores. (Pérez, 2018)

En la figura 8 se muestra la antigüedad de los tipos de vehículos, en los vehículos tipo motos son los medios de transporte más modernos con 25 vehículos de menos de 10 años y solo 1 de 10 a 20 años. Es necesario tener en cuenta que los vehículos y las maquinarias pesados cuentan con vehículos de más de 30 años, 6 y 5 respectivamente. Estos vehículos antiguos son menos eficientes en el consumo de combustible además de presentar antiguas tecnologías, esto se traduce a una mayor emisión de GEI, por lo que es recomendable la sustitución de estos para reducir la huella de carbono.

**Figura8**  
*Antigüedad de vehículos propiedad del GADMUR.*



## Cálculo del Alcance 2

### Emisiones relacionadas al consumo de energía eléctrica (EE) y agua potable

Al obtener los datos del consumo de electricidad se confeccionó la tabla 6, donde se organiza y clasifica la información en meses y horarios, y se determina la cantidad de toneladas de emisiones de los GEI para los años 2019 y 2020, se calcula utilizando la fórmula 1, se muestra un ejemplo para el mes de enero:

$$E = \left( 13967,89 \text{ kWh} \times 188,82 \left( \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right) \times 1/1000000 \right) + \left( 13967,89 \text{ (kWh)} \times 0,02 \left( \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right) \times 28/1000000 \right) + \left( 13967,89 \text{ (kWh)} \times 0,0013 \left( \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right) \times 265/1000000 \right) = 2,65 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 13967.89 corresponde a los Kwh de consumo eléctrico por parte del GADMUR (Tabla 6). El factor 188.82 es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>, se obtuvo de tabla 3 (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 3, se divide entre 1000000 para llevar todo a una misma unidad (1000000 g = 1t) esto se hace para cada factor de emisión para obtener el valor en toneladas de cada gas, luego se suma por las emisiones de CH<sub>4</sub> donde 0.02 es el factor de emisión de dicho gas, se divide entre 1000000 para llevar todo a una misma unidad y el factor 28 se obtuvo de la tabla 3.

Y se hace la misma operación para el  $N_2O$ , donde 0.0013 es el factor de emisión el factor 265 se obtuvo de la tabla 3 el resultado de la ecuación, 2.65 (t  $CO_2$ -eq) se encuentra en la primera fila y última columna de la tabla 6

**Tabla6**

Consumos de energía eléctrica en el año 2019 y 2020.

**Año 2019**

Meses	Consumos totales en los distintos horarios (kwh)				Emisiones			
	A (7am-6pm)	B (6pm-10pm)	C (10pm-7am)	Total (Ct)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	[t CO <sub>2</sub> - eq]
enero	8817,08	1767,86	3382,95	13967,89	2,637	0,008	0,004	2,650
febrero	9595,11	1606,73	3317,15	14518,99	2,741	0,008	0,005	2,754
marzo	9018,7	1506,13	2963,47	13488,3	2,547	0,008	0,004	2,559
abril	9205,54	1643,37	3337,52	14186,43	2,679	0,008	0,005	2,691
mayo	9749,78	1676,86	3254,45	14681,09	2,772	0,008	0,005	2,785
junio	9428,61	1743,52	3331,05	14503,18	2,738	0,008	0,005	2,751
julio	9426,19	1696,17	3261,76	14384,12	2,716	0,008	0,005	2,729
agosto	10245,11	1827,52	3540,19	15612,82	2,948	0,009	0,005	2,962
septiembre	9667,39	1761,51	3331,96	14760,86	2,787	0,008	0,005	2,800
octubre	9066,67	1710,95	3267,21	14044,83	2,652	0,008	0,004	2,664
noviembre	9176,95	1618,35	3268,89	14064,19	2,656	0,008	0,004	2,668
diciembre	8805,7	1605,1	3256,31	13667,11	2,581	0,008	0,004	2,593
<b>Total</b>	<b>112202,83</b>	<b>20164,07</b>	<b>39512,91</b>	<b>171879,81</b>	<b>32,454</b>	<b>0,096</b>	<b>0,055</b>	<b>32,605</b>

**Año 2020**

Meses	Consumos totales en los distintos horarios (kwh)				Emisiones			
	A (7am-6pm)	B (6pm-10pm)	C (10pm-7am)	Total (Ct)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	[t CO <sub>2</sub> - eq]
enero	8441,88	1789,48	4017,54	14248,9	2,690	0,008	0,005	2,703

<b>febrero</b>	9131,1	1696,46	4245,14	13094,84	2,473	0,007	0,004	2,484
<b>marzo</b>	7585,86	1557,91	3951,07	8629,81	1,629	0,005	0,003	1,637
<b>abril</b>	6633,1	1589	3866	12088,1	2,282	0,007	0,004	2,293
<b>mayo</b>	4010,74	1330,55	3288,52	8629,81	1,629	0,005	0,003	1,637
<b>junio</b>	4946,55	1431,35	3607,74	9985,64	1,885	0,006	0,003	1,894
<b>julio</b>	6357,27	1471,74	3759,03	11588,04	2,188	0,006	0,004	2,198
<b>agosto</b>	6600,73	1567,94	3947,03	12115,7	2,288	0,007	0,004	2,298
<b>septiembre</b>	6368,66	1444,38	3760,56	11573,6	2,185	0,006	0,004	2,195
<b>octubre</b>	6977,96	1441,57	3706,33	12125,86	2,290	0,007	0,004	2,300
<b>noviembre</b>	7235,31	1455,6	3723,35	12414,26	2,344	0,007	0,004	2,355
<b>diciembre</b>	6963,58	1436,85	3702,17	12102,6	2,285	0,007	0,004	2,296
<b>Total</b>	81252,74	18212,83	45574,48	138597,16	26,170	0,078	0,044	26,292

Con la utilización de la ecuación 1 y apoyándose en una plantilla Excel, se analizaron y compararon los resultados por horarios, meses y años respectivamente.

### Comparación del consumo eléctrico según los diferentes horarios en los años 2019 y 2020.

En las facturas de electricidad obtenidas del Palacio Municipal del GAD Rumiñahui se divide el consumo eléctrico en tres horarios diferentes, el A de 7 am-6 pm, el B de 6 pm-10 pm y el C de 10 pm-7 am, se muestra en las figuras 9 10 y 11 el consumo de los diferentes horarios para los dos períodos.

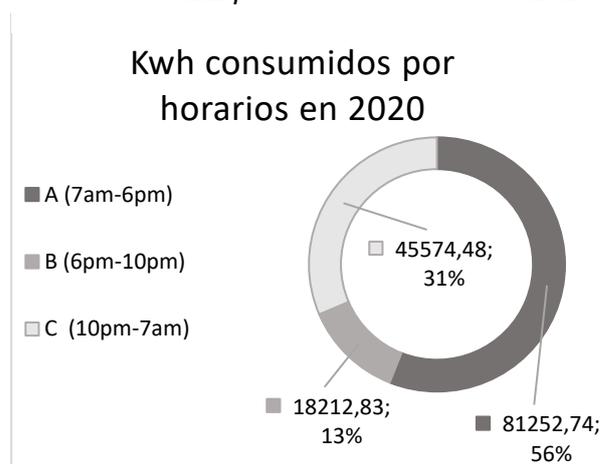
**Figura9**

Consumo de EE por horarios en el año 2019.



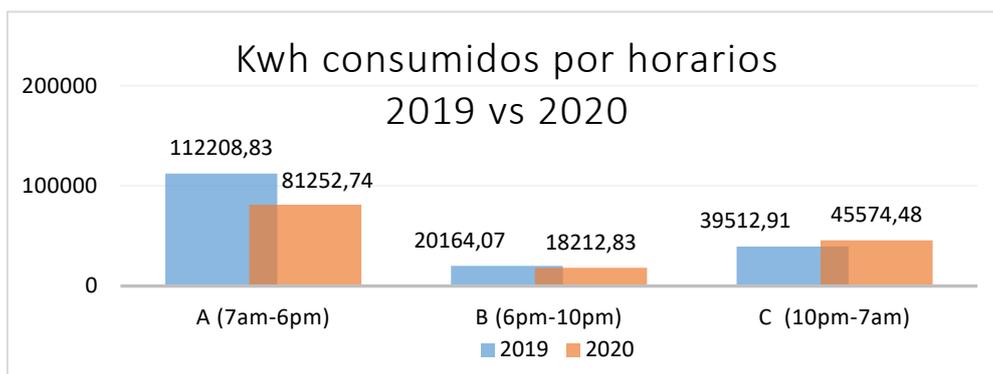
**Figura10**

Consumo de EE por horarios en el año 2020.



**Figura 11**

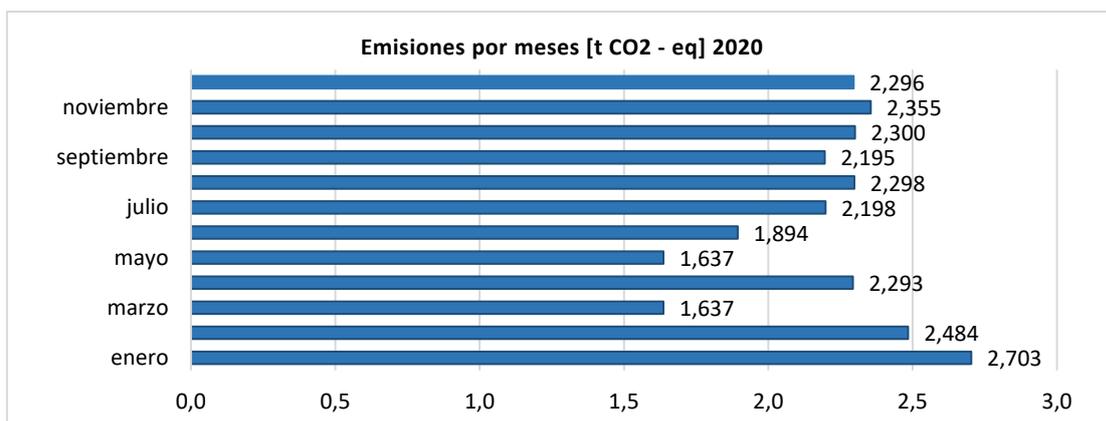
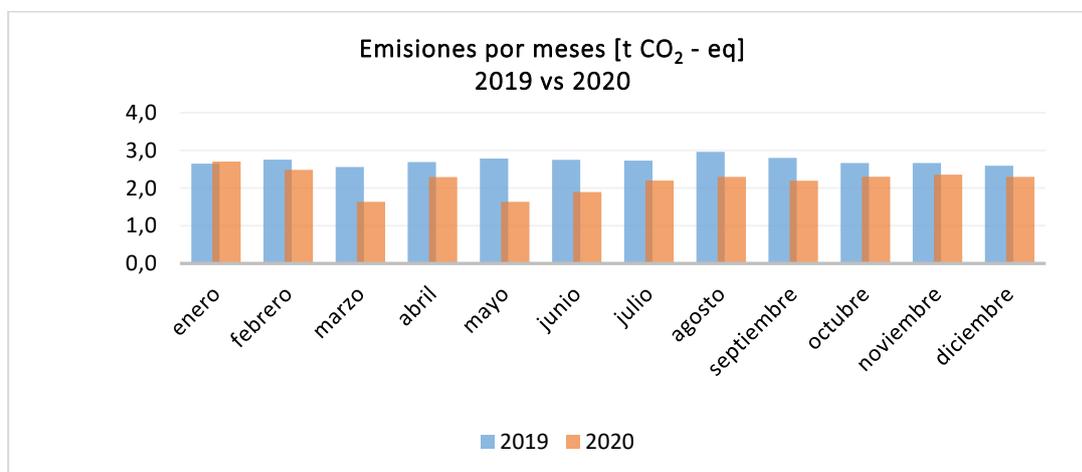
*Consumo de EE por horarios 2019 vs 2020*



En las figuras 9, 10 y 11 se puede apreciar que hay un decrecimiento significativo de 33282.65 kWh del consumo de EE entre el año 2019 y el 2020. En el horario A de 7 am-6 pm, es donde hay mayor consumo ambos años, pero también es en el que más se nota la diferencia, con un descenso de 30956.09 kWh en 2020, esto se debe a la inasistencia o menor asistencia a las instalaciones durante la pandemia del COVID-19. En el horario B de 6 pm-10 pm hubo un descenso de 1951.24 kWh. El horario C de 10 pm-7 am muestra una tendencia diferente con un ligero incremento de 6061.57 kWh en el año 2020, posiblemente debido a la activación de más luces de seguridad.

### **Comparación de consumo de Energía Eléctrica de los meses en los años 2019 y 2020.**

En las Figuras 12, 13, 14 se observan datos de los gastos de EE por meses de los años 2019 y 2020 y se compararon sus resultados.

**Figura12***Kwh consumidos por meses 2019 vs 2020.***Figura13***Emisiones por meses [t CO<sub>2</sub> - eq] por consumo de energía eléctrica en 2020.***Figura14***Emisiones por meses por consumo de energía eléctrica 2019 vs 2020.*

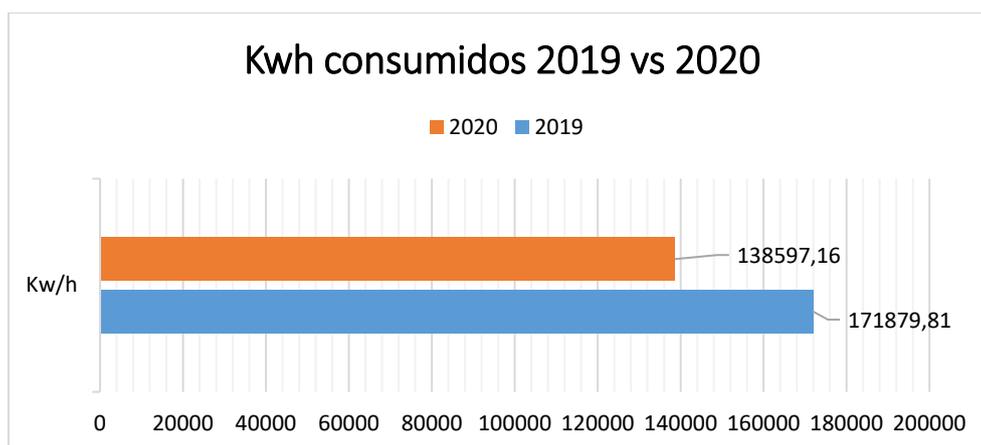
El mes del 2019 donde más se consumió EE fue agosto con 15612,82 kWh, siendo este el de mayor emisión con 2,962 t CO<sub>2</sub> – eq. El mes de menor consumo en 2019 fue marzo con 13488,3 kWh, con emisiones de 2,559 t CO<sub>2</sub> – eq. En 2020, el mes de mayor consumo fue enero con 14248,9 kWh con una emisión de 2,703 t CO<sub>2</sub> – eq y el de menor, marzo y mayo con 8629,81 kWh y emisiones de 1,637 t CO<sub>2</sub> – eq. En el año 2020 hubo un descenso del consumo eléctrico en todos los meses con respecto al año 2019, exceptuando enero, por tanto, se refleja una reducción en la emisión de GEI del año 2020 con respecto al año 2019. Esto se debe mayormente a los efectos de la pandemia COVID 19, debido a trabajo a distancia y a la cuarentena, en la institución se consumió menos energía en este periodo.

#### **Comparación de gasto de Energía Eléctrica de los años 2019 y 2020.**

La Figura 15 muestra la comparación de gasto de EE, emisiones de los diferentes GEI y las emisiones de t de carbono equivalente de estos gases de los años 2019 y 2020.

#### **Figura15**

*Kwh consumidos 2019 vs 2020.*

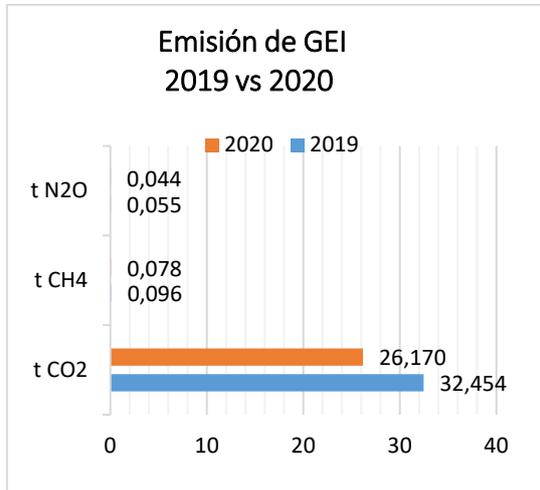


Se puede apreciar una reducción del consumo del año 2020 con respecto al año 2019 de 33282,65 Kwh, una cifra considerable, esto se debe mayormente a la

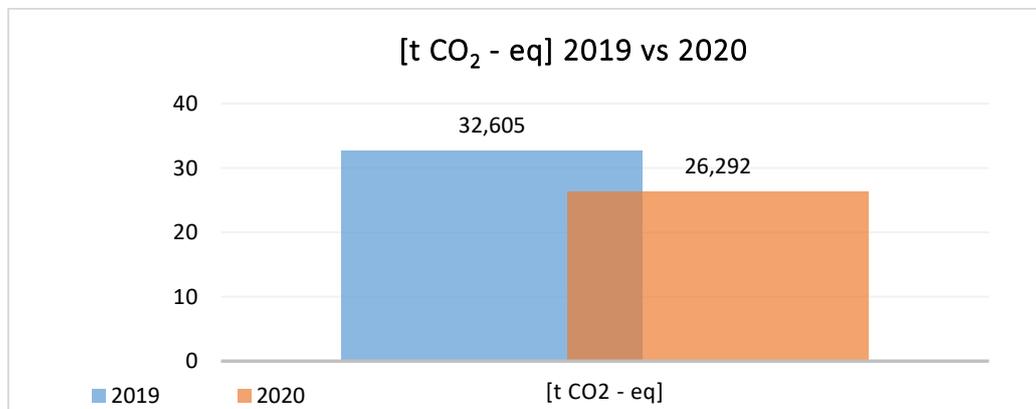
pandemia, lo que se traduce en una menor emisión de carbono al medio ambiente como se muestran en las figuras 16 y 17.

**Figura16**

*Emisión de GEI por consumo de energía eléctrica años 2019 vs 2020.*

**Figura17**

*t CO<sub>2</sub>-eq, por consumo de energía eléctrica años 2019 vs 2020.*



Se puede apreciar en las figuras 16, 17 que existe una mayor emisión derivada del consumo de energía eléctrica en el año 2019 de todos los gases y por lo tanto una mayor cantidad de carbono equivalente.

El consumo del de agua potable en el GAD se muestra en la Tabla 7 al igual que la contaminación por la purificación de la misma. Para este caso, se realizó una consulta de la bibliografía existente con respecto a este tema para determinar el factor de emisión del agua, que según (Toro, 2013), en su investigación demuestra que el Fe H<sub>2</sub>O para Quito es aproximadamente:

$$\text{Fe H}_2\text{O} = 0,083576 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3.$$

Donde:

FE H<sub>2</sub>O = Factor de emisión del agua (H<sub>2</sub>O)

Se muestra un ejemplo del cálculo para el mes de enero del año 2019

$$E = (135 \text{ m}^3 \times 0.083576 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 \times 1/1000) = 0.011 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 135 corresponde a los metros cúbicos de consumo de agua por parte de los servidores del GADMUR (Tabla 7). El factor 0.83576 es el factor de emisión del H<sub>2</sub>O, se obtuvo de la investigación realizada por (Toro, 2013) (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 2, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad (1000 kg = 1t) el resultado de la ecuación, 0.011 (t CO<sub>2</sub>-eq) se encuentra en la primera fila y última columna para el 2019 de la tabla 7.

**Tabla7**

*Consumos de energía eléctrica en el año 2019 y 2020.*

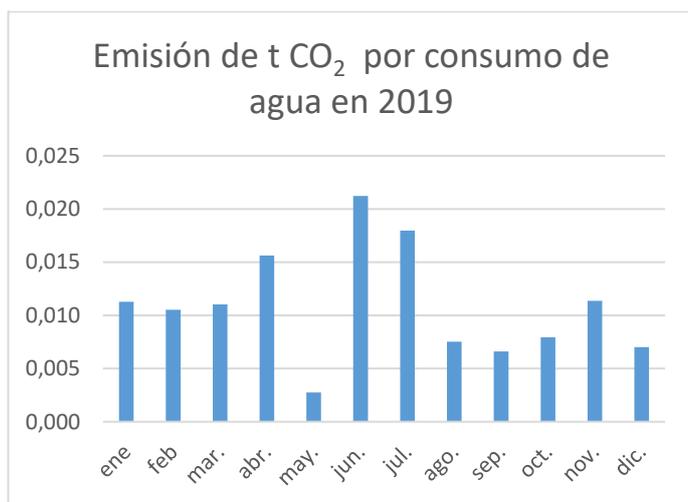
2019	Mes	Consumo m <sup>3</sup>	Emisión de t-CO <sub>2</sub>	2020	Mes	Consumo m <sup>3</sup>	Emisión de t-CO <sub>2</sub>
	ene	135	0,011		ene.	95	0,008
	feb	126	0,011		feb.	260	0,022
	mar.	132	0,011		mar.	57	0,005
	abr.	187	0,016		abr.	57	0,005

may.	33	0,003	may.	57	0,005
jun.	254	0,021	jun.	57	0,005
jul.	215	0,018	jul.	63	0,005
ago.	90	0,008	ago.	107	0,009
sep.	79	0,007	sep.	151	0,013
oct.	95	0,008	oct.	84	0,007
nov.	136	0,011	nov.	155	0,013
dic.	84	0,007	dic.	107	0,009
Total	1566	0,131	Total	1250	0,104

Se muestra las comparaciones de las emisiones de los dos años por meses y la comparación de los dos años en las figuras 18, 19 y 20

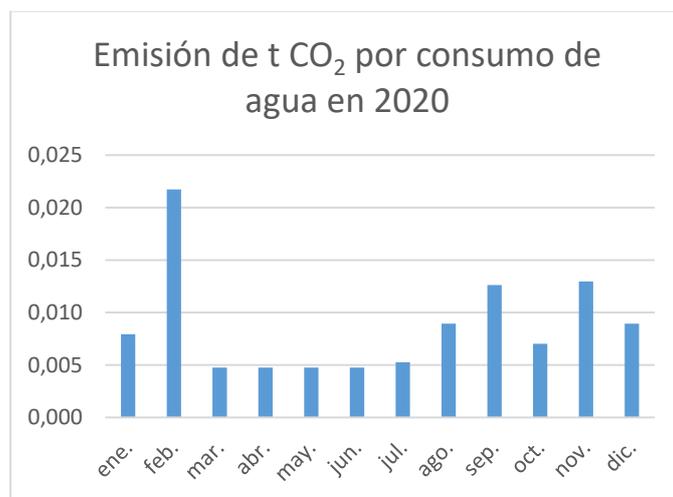
**Figura18**

*Emisión de t CO<sub>2</sub> por consumo de agua en 2019.*



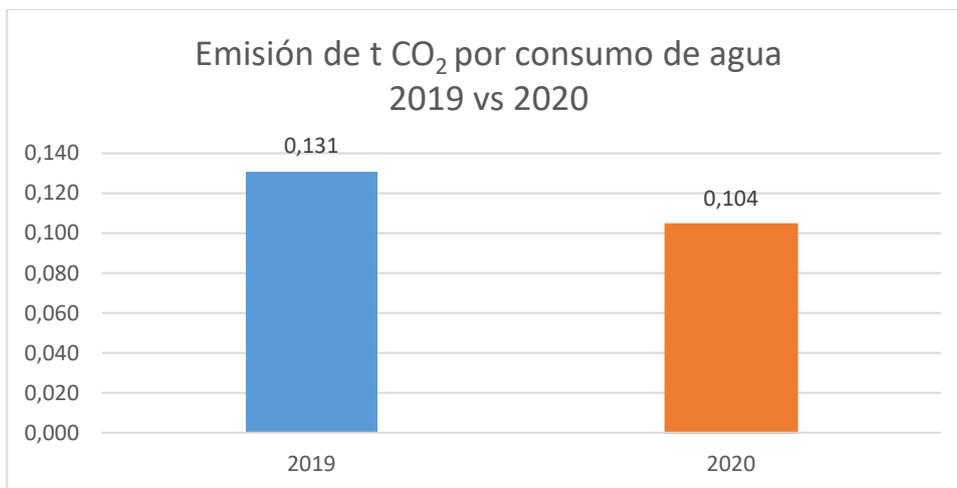
**Figura19**

*Emisión de t CO<sub>2</sub> por consumo de agua en 2019*



**Figura20**

*Emisión de t CO<sub>2</sub> por consumo de agua 2019 vs 2020.*



Como se puede apreciar en las figuras 18, 19 y 20 las emisiones por consumo de agua potable en el año 2019 superan a las del año 2020, con 0.131 t de CO<sub>2</sub> y 0.104 respectivamente para cada año.

**Cálculo del Alcance 3****Emisiones relacionadas a la movilidad del personal del GADMUR**

Se les aplicó la encuesta a los trabajadores del Palacio Municipal del GADMUR para este período. La encuesta fue respondida por 176 trabajadores del GAD, muestra significativa con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 8%. De estos 176 trabajadores encuestados, 4 encuestas fueron descartadas por presentar datos incompletos, obteniendo un número final de encuestas válidas de 172. La muestra analizada representa el 21.63% de la población, por lo que los resultados que se muestran en las figuras y tablas se extrapolarán posteriormente al total de la población, Los resultados se detallan en la tabla 8 y figuras 21, 22. El cálculo utilizando la fórmula 1, se muestra de ejemplo el cálculo para las emisiones de la moto

$$E = (202,5 \text{ (l)} \times 2.231 \text{ (kg/l)} \times 1/1000) + (202,5 \text{ (l)} \times 0.001176 \text{ (kg/l)} \times 28/1000) + (202,5 \text{ (l)} \times 0.000116 \text{ (kg/l)} \times 265/1000) = 2,15 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 202.5 corresponde a los galones de consumo de gasolina por parte de los vehículos particulares del GADMUR (Tabla 8). El factor 2.231 es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>, se obtuvo de tabla 2 (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 2, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad (1000 kg = 1t) esto se hace para cada factor de emisión para obtener el valor en toneladas de cada gas, luego se suma por las emisiones de CH<sub>4</sub> donde 0.001176 es el factor de emisión de dicho gas, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad y el factor 28 se obtuvo de la tabla 2. Y se hace la misma operación para el N<sub>2</sub>O, donde 0.000116 es el factor de emisión el factor 265 se obtuvo de la tabla 2 el resultado de la ecuación, 2.15 (t CO<sub>2</sub>-eq) se encuentra en la primera fila y última columna de la tabla 8.

**Tabla8**

*Emisiones de los medios de transporte contaminantes utilizados en el período del 1 de enero 2019-16 de marzo 2020: antes de la pandemia (AP).*

Medio de transporte	Cantidad	Promedio de km/día	Promedio de consumo de combustible en litros en el período	Emisión de t-CO <sub>2</sub>	Emisión de t-CH <sub>4</sub>	Emisión de t-N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] en el período
moto	1	2	202,50	2,09	0,031	0,0288	2,15
Van-buseta (capacidad: 12 personas)	1	6	153,85	0,13	0,0020	0,0018	0,136
Bus (capacidad: 35-45 personas)	30	29,24	2787,35	24,64	0,36	0,3395	25,35
Taxi	8	5,03	187,82	7,75	0,11	0,1068	7,97
Automóvil propio a gasolina	80	27,66	433,51	178,86	2,64	2,4644	183,96
Automóvil propio híbrido	2	30	328,60	6,78	0,10	0,0934	6,97
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>99,93</b>	<b>4093,62</b>	<b>220,25</b>	<b>3,25</b>	<b>3,03</b>	<b>226,53</b>

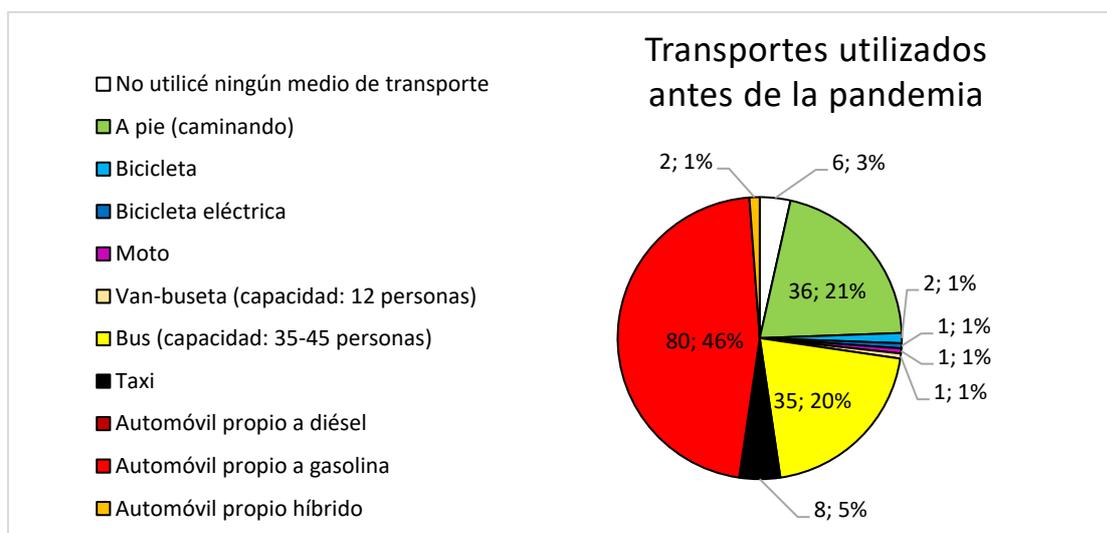
La tabla 8 muestra los diferentes medios de transporte que utilizaron los trabajadores del GAD para llegar desde su domicilio habitual al Palacio Municipal del

GADMUR antes de la pandemia, los kilómetros recorridos por días, los litros de combustible consumidos en el período y las emisiones de los GEI.

Por el análisis de los resultados de las encuestas, se determinó la diferencia entre la distribución del transporte utilizado por el personal de GADMUR. Destaca que antes de la pandemia el 46% de los trabajadores se desplazan en automóviles propios a gasolina, un 20% en bus y un 21% a pie, el resto se reparten entre los otros medios. Dentro del total de personas que utilizan autos propios se encuentran los que viajaron solos, con 2 personas con 3 y 4. De las clasificaciones anteriores, el 54% de los trabajadores viajan solos, siendo ésta la manera más ineficiente de transportarse al Palacio en base a emisiones.

### Figura21

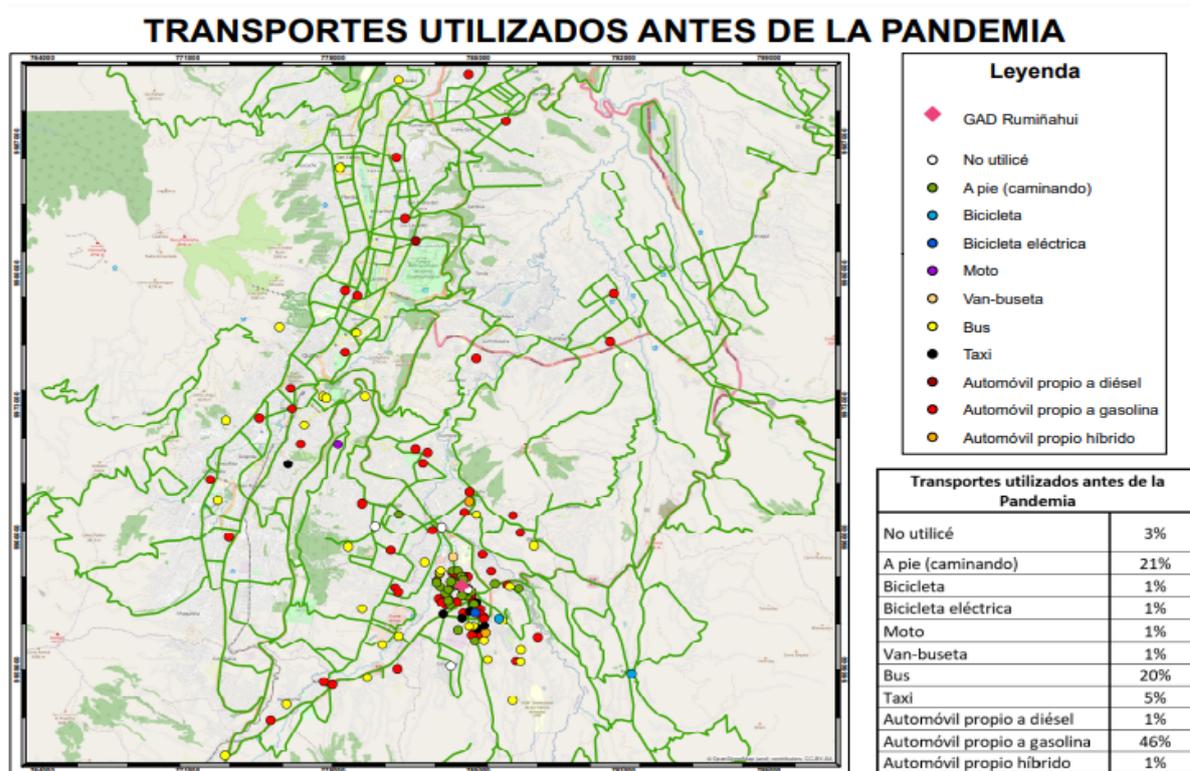
*Medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR y utilizados antes de la pandemia (01 Enero 2019-16 Marzo 2020).*



Como se puede comprobar de la figura 21, el porcentaje de personas que empleaban su automóvil propio a gasolina es el más alto con un 46%. Mientras que, la cifra de personas que caminaba o tomaba el bus hasta su trabajo antes de la pandemia era del 21% y 20% respectivamente.

**Figura22**

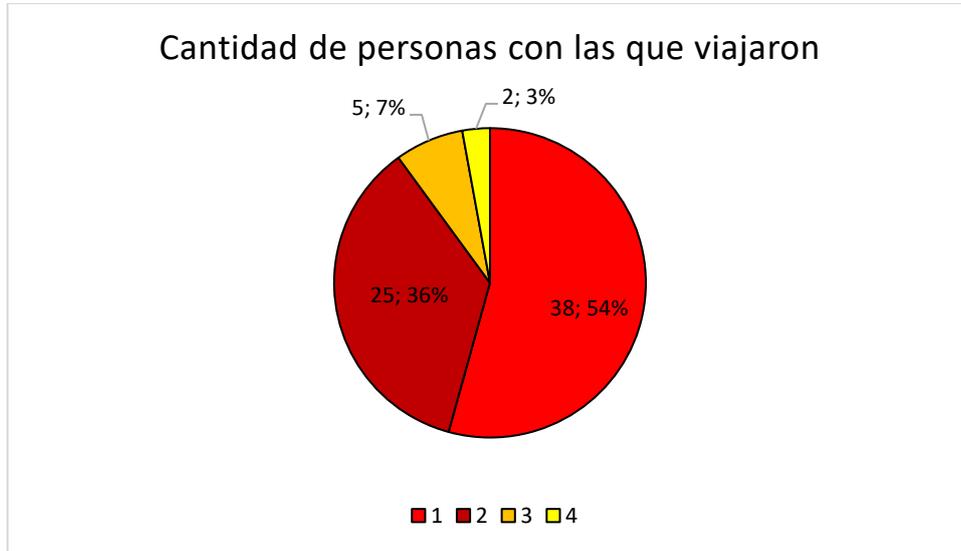
Mapa de procedencia de los transportes utilizados antes de la pandemia por los empleados del GADMUR.



El mapa de la figura 22 muestra espacialmente el origen y destino de los transportes utilizados por parte de los trabajadores del GADMUR Municipal para desplazarse a su trabajo antes de la pandemia. El mapa muestra que un número significativo de empleados se desplazan desde el mismo cantón de Rumiñahui, y que, por obvias razones, todos los que se desplazan caminando, lo hacen desde distancias cortas. Por otra parte, los empleados que se desplazan desde distancias largas como el Distrito Metropolitano de Quito (Quito, Tumbaco, etc.) lo hacen mayoritariamente en automóvil propio o bus.

**Figura23**

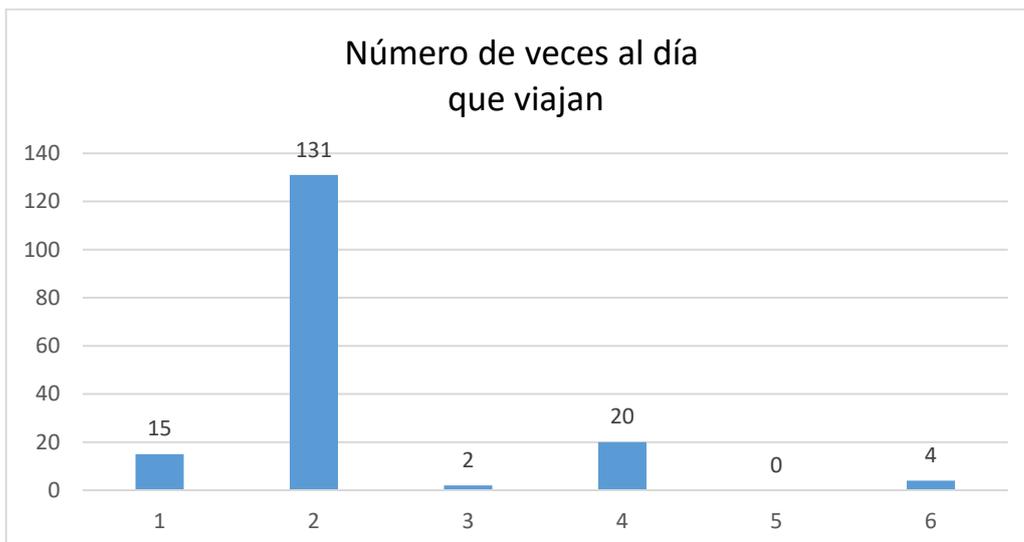
*Cantidad de personas que viajaron acompañadas en los autos propios o taxis antes de la pandemia (01 Enero 2019-16 Marzo 2020).*



En las figuras 22 y 23 se muestran la cantidad de veces que las personas viajaron al GADMUR por día y por semana.

**Figura24**

*Número de veces al día que viajan al GADMUR sus empleados.*



**Figura25**

Número de veces a la semana que viajan al GADMUR sus empleados.

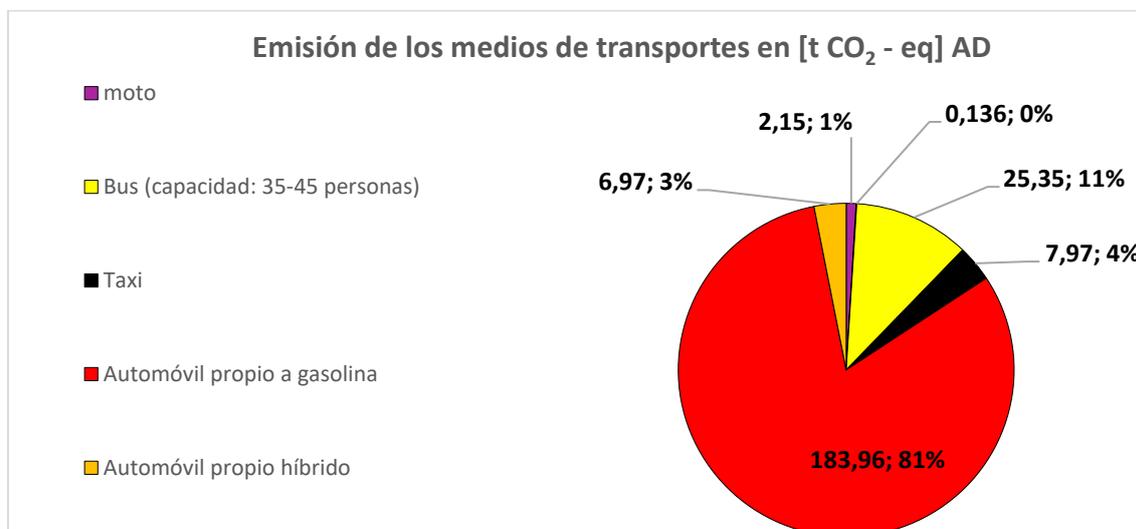


La mayoría de las personas viajan 2 veces al día (ida y regreso) y los 5 días laborales de la semana. Catorce personas viajan 4 veces al día al GADMUR, de lo que se presume que vuelven a sus casas para el almuerzo. Veintiuna personas viajan menos de 5 días laborales como demuestran las figuras 24 y 25.

En la figura 26 se puede apreciar la emisión de los gases por los diferentes medios de transportes, el automóvil propio a gasolina, los que encabezan la lista con más emisiones, representando un 81% de las mismas.

**Figura26**

Emisión de los medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR en [t CO<sub>2</sub> - eq] antes de la pandemia (01 enero 2019-16 marzo 2020).



Para el período de estudio durante la pandemia, es decir, entre el 17 de marzo y el 31 de diciembre 2020. Un 32% de los trabajadores se desplazaron a pie, un 43% en automóvil propio a gasolina, un 7% en taxi y un 10 % en bus. De las personas que viajaron en auto propio o en taxi, el 64% de las personas viajaron solos. Aunque la cantidad total de trabajadores que viajan en auto propio disminuyó por aquellos que permanecieron en teletrabajo, aumentó el porcentaje de los que viajan solos. Además, aumentó un 11% los desplazamientos a pie y disminuyó un 10% el uso del bus. Estos cambios en los medios de transporte de preferencia se justifican por motivos de bioseguridad y evitar riesgos de contagio de Covid.

**Tabla9**

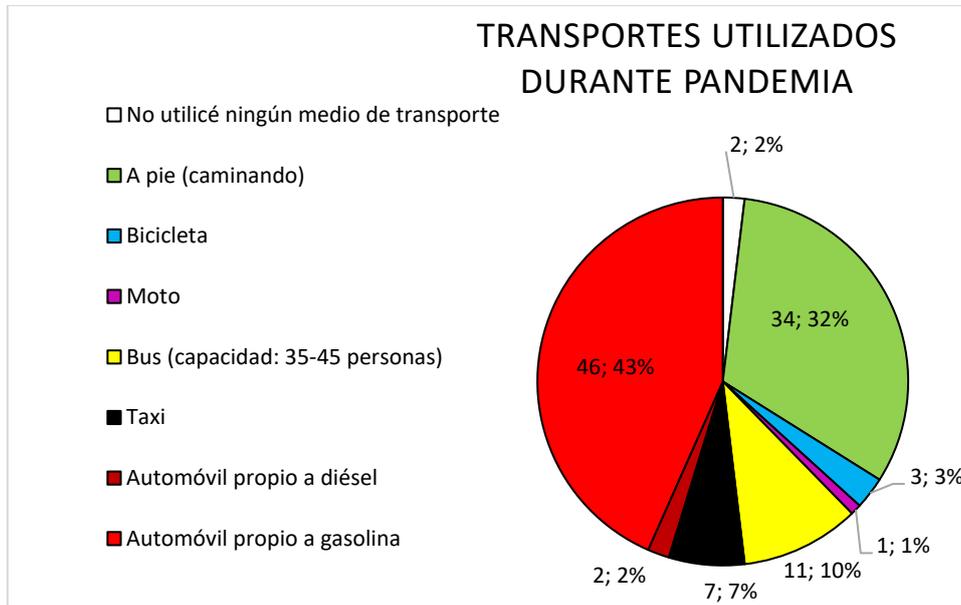
*Emisiones de los medios de transporte contaminantes utilizados en el período del 17 de marzo al 31 de diciembre 2020: durante la pandemia.*

Medio de transporte	Cantidad	Promedio de km/día	Promedio de consumo de combustible en litros en el período	Emisión de t- CO <sub>2</sub>	Emisión de t- CH <sub>4</sub>	Emisión de t- N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq] en el período
Moto	1	2	153,75	1,586	0,0234	0,022	1,631
Bus (capacidad: 35-45 personas)	11	28,8	2021,076	10,423	0,1538	0,144	10,721
Taxi	7	6,28	121,494	4,386	0,0647	0,060	4,511
Automóvil propio a gasolina	47	23,848	418,73	101,494	1.52	1,398	102,893
Automóvil propio a Diesel	2	4,4	75,167	0,775	0,0114	0,011	0,797
<b>Total</b>				<b>118,664</b>	<b>0,253</b>	<b>1,635</b>	<b>120,553</b>

En la figura 27 se detallan los medios de transportes utilizados durante la pandemia, el automóvil propio a gasolina es el vehículo más usado

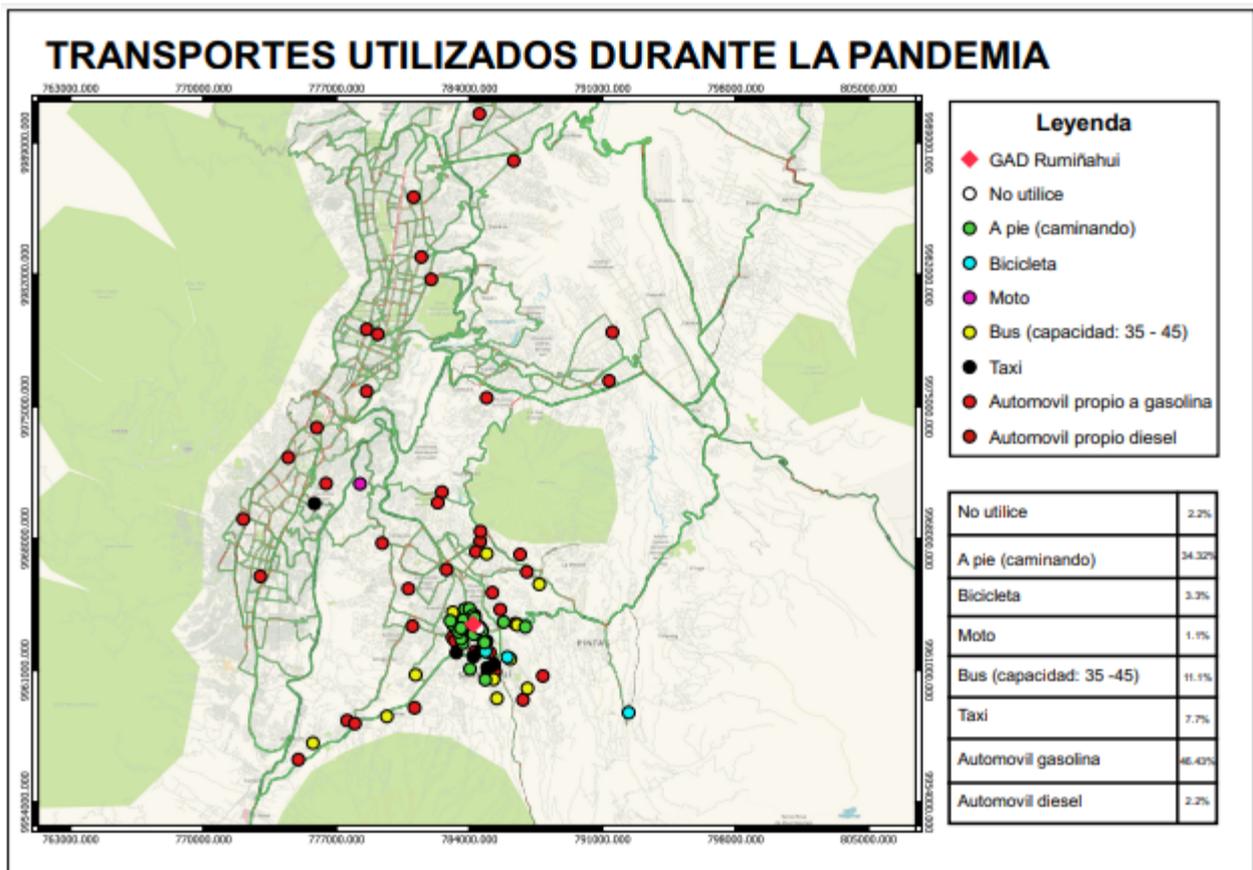
**Figura27**

Medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR, y utilizados durante la pandemia



**Figura28**

Transportes utilizados durante la pandemia.



Como se puede visualizar en la figura 27, una gran parte de los trabajadores viven cerca del Gadmur Municipal, de éstos, casi el 35% se movilizan caminando. El otro porcentaje significativo, es el de trabajadores que viven más alejados, y que en gran parte se movilizan en automóvil a gasolina, con un porcentaje del 46%.

**Figura29**

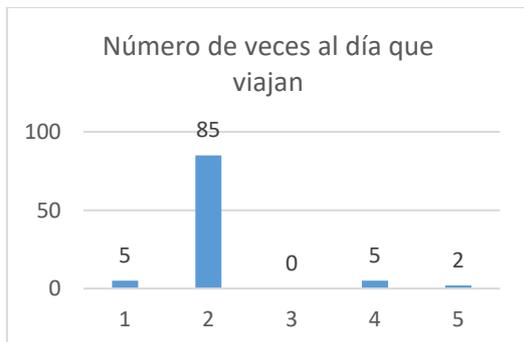
*Cantidad de personas que viajaron acompañadas en los autos propios o taxis durante la pandemia.*



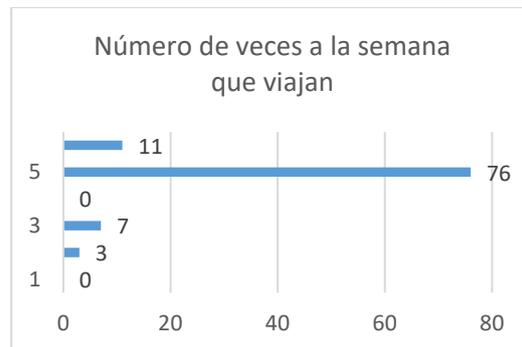
En las figuras 30 y 31 se muestran la cantidad de veces que las personas viajaron a la entidad por día y por semana.

**Figura30**

*Número de veces al día que viajan al GADMUR sus empleados.*

**Figura31**

*Número de veces a la semana que viajan al GADMUR sus empleados.*

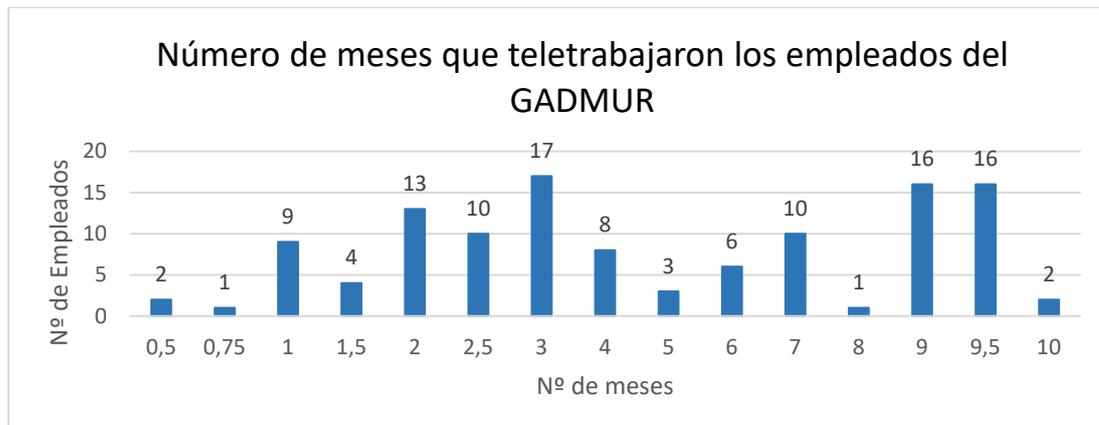


Para este periodo se ve reducido drásticamente la cantidad de personas que realizaba trabajo presencial debido a la pandemia causada por la COVID 19 pero de esas 97 personas que asistían presencialmente al GADMUR, la mayoría lo sigue haciendo 2 veces por día (ida y retorno) y los 5 días laborales de la semana.

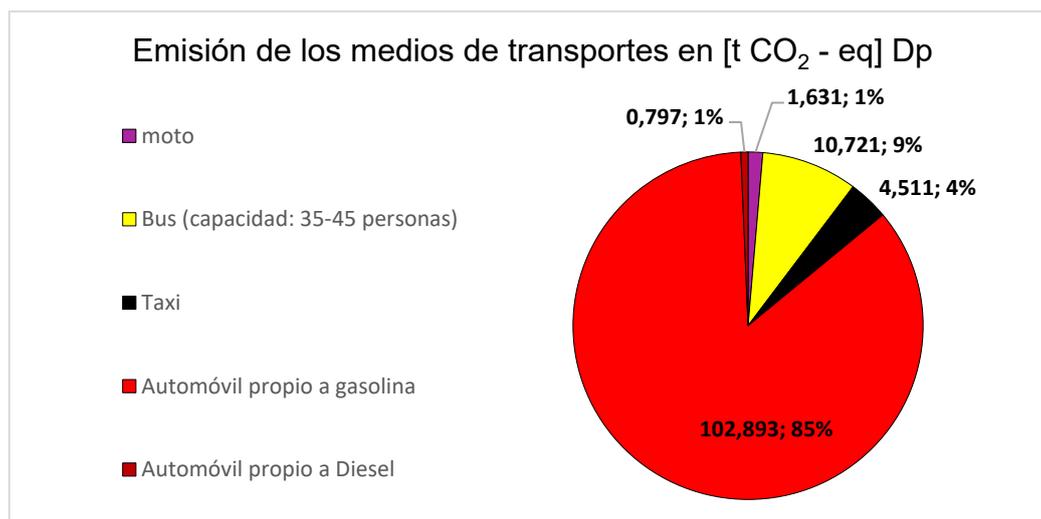
En la figura 32 se muestran la cantidad de personas que realizaron teletrabajo y el número de meses de teletrabajo durante 2020. De las 118 respuestas, se observa que 64 empleados teletrabajaron 4 meses o menos, mientras que 54 empleados teletrabajaron por un periodo de 5 meses o más. El mayor porcentaje (33.9%) teletrabajo entre 2 y 3 meses, mientras que el 28.81 % de los empleados no regresaron presencialmente al GADMUR, ya que teletrabajaron desde el inicio de la pandemia hasta finales de 2020.

**Figura32**

Cantidad de empleados que teletrabajaron y número de meses de teletrabajo durante 2020.

**Figura33**

Emisión de los medios de transportes propiedad de empleados del GADMUR en [t CO<sub>2</sub> - eq] durante la pandemia (17 marzo a 31 diciembre 2020).



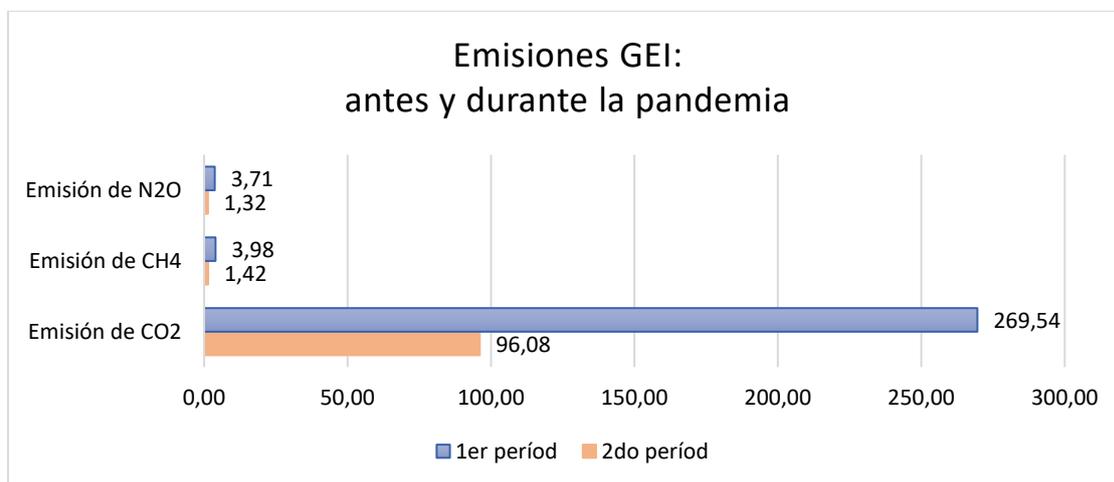
Se pudo determinar a través de los datos recolectados de las encuestas que, para el segundo periodo de estudio, entre el 17 de marzo y el 31 de diciembre 2020, los medios de transporte que más contribuyeron a la contaminación fueron nuevamente, los vehículos propios a gasolina con 102,89,25 [t CO<sub>2</sub> - eq] representando el 85% de las emisiones.

En las figuras 32 y 33 se puede apreciar una reducción considerable de la movilidad, y la consecuente emisión de GEI del primer periodo (01 enero 2019-16 marzo

2020) con respecto al segundo (entre el 17 de Marzo y el 31 de Diciembre 2020), esto se debe a la pandemia causada por la COVID.

### Figura34

*Emisiones de los diferentes GEI en los dos períodos: antes de la pandemia y durante pandemia.*



En el figura 34 se muestra una comparación de los GEI emitidos en ambos períodos remarcando como el periodo con más emisiones el 1ro anterior a la pandemia (01 enero 2019-16 marzo 2020), con un total de 269,54 t de CO<sub>2</sub>, 3,71 t de NO<sub>2</sub> y 3,98 t CH<sub>4</sub>, en el periodo durante la pandemia (marzo-diciembre 2020) se emitieron 96,08; 1,32 y 1,42 de los mismos gases respectivamente, en este último período de tiempo analizado se nota una gran reducción de la emisión de gases, esto se debe mayormente a causa de los efectos de la COVID 19. Se debe considerar también la diferente duración de ambos periodos, ya que el primer periodo antes de la pandemia comprende 14,5 meses mientras que el segundo período durante la pandemia supone 9.5 meses, es decir 5 meses menos.

La tabla 10 y 11 muestran la información obtenida de las encuestas con respecto a las marcas y modelos de los automóviles particulares, la cantidad, distancia recorrida, litros de combustibles consumidos y las emisiones de GEI para los dos períodos. Se

calcularon las emisiones utilizando la fórmula 1, se muestra de ejemplo para la marca Chevrolet

$$E = (53,60 \text{ (l)} \times 2.231 \text{ (kg/l)} \times 1/1000) + (53,60 \text{ (l)} \times 0.001176 \text{ (kg/l)} \times 28/1000) + (53,60 \text{ (l)} \times 0.000116 \text{ (kg/l)} \times 265/1000) = 0.12 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 53.6 corresponde a los galones de consumo de gasolina por parte de los vehículos particulares del GADMUR (Tabla 10). El factor 2.231 es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>, se obtuvo de tabla 2 (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 2, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad (1000 kg = 1t) esto se hace para cada factor de emisión para obtener el valor en toneladas de cada gas, luego se suma por las emisiones de CH<sub>4</sub> donde 0.001176 es el factor de emisión de dicho gas, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad y el factor 28 se obtuvo de la tabla 2. Y se hace la misma operación para el N<sub>2</sub>O, donde 0.000116 es el factor de emisión el factor 265 se obtuvo de la tabla 2 el resultado de la ecuación, 0.12 (t CO<sub>2</sub>-eq) se encuentra en la segunda fila y última columna de la tabla 10.

**Tabla10**

Datos principales de la encuesta para el periodo del 1 de enero 2019-16 de marzo 2020.

Marcas de automóviles	Cantidad	km/día	Combustible consumido (l)	Emisión de t- CO <sub>2</sub>	Emisión de t- CH <sub>4</sub>	Emisión de t- N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq]
Brilliance	1	20	1,38	0,00	6,80193E-05	4,24293E-05	0,00
Chevrolet	28	493	53,60	0,12	0,002641338	0,00164762	0,12
Daewoo matiz	2	42	3,97	0,01	0,000195629	0,00012203	0,01
Factory	1	2	0,05	0,00	2,36923E-06	1,47788E-06	0,00
Fiat	1	74	0,05	0,01	2,36923E-06	1,47788E-06	0,01
Ford	5	111,6	9,68	0,02	0,000477271	0,000297713	0,02
Hyundai	9	184	15,36	0,03	0,000757098	0,000472265	0,04
Jeep Montero	2	6,8	0,84	0,00	4,13709E-05	2,58064E-05	0,00
KIA	5	98	7,02	0,02	0,00034593	0,000215785	0,02
Mazda	2	84	5,63	0,01	0,000277667	0,000173204	0,01
Mitsubishi	2	11,8	1,08	0,00	5,32969E-05	3,32457E-05	0,00
NISSAN	7	247,6	22,64	0,05	0,001115484	0,000695819	0,05
Peugeot	1	0,6	0,04	0,00	1,98443E-06	1,23785E-06	0,00
RENAULT	4	67	5,34	0,01	0,000263258	0,000164216	0,01
Toyota	7	586,5	48,49	0,11	0,00238945	0,001490497	0,11
Suzuki	2	80	7,56	0,02	0,000372397	0,000232295	0,02

**Tabla11**

Datos principales de la encuesta para el periodo durante la pandemia, desde el 17 de Marzo hasta el 31 de diciembre 2020

Marcas de automóviles	Cantidad	Km/día	Combustible consumido (L)	Emisión de t- CO <sub>2</sub>	Emisión de t- CH <sub>4</sub>	Emisión de t- N <sub>2</sub> O	Emisiones [t CO <sub>2</sub> - eq]
CHEVROLET	20	316,00	7559,56	16,87	0,37	0,23	17,47

<b>Daewoo Matiz</b>	1	2,00	49,32	0,11	0,00	0,00	0,11
<b>FORD</b>	2	43,00	967,50	2,16	0,05	0,03	2,24
<b>GREAT WEALL</b>	1	14,00	315,00	0,70	0,02	0,01	0,73
<b>Hyundai</b>	5	110,00	2520,00	5,62	0,12	0,08	5,82
<b>KIA</b>	5	66,00	1195,71	2,67	0,06	0,04	2,76
<b>Mitsubishi</b>	1	17,00	382,50	0,85	0,02	0,01	0,88
<b>NISSAN</b>	4	85,00	1765,38	3,94	0,09	0,05	4,08
<b>Renault</b>	3	55,00	1165,25	2,60	0,06	0,04	2,69
<b>SUZUKI</b>	3	86,00	1935,27	4,32	0,10	0,06	4,47
<b>Toyota</b>	1	37,00	832,50	1,86	0,04	0,03	1,92

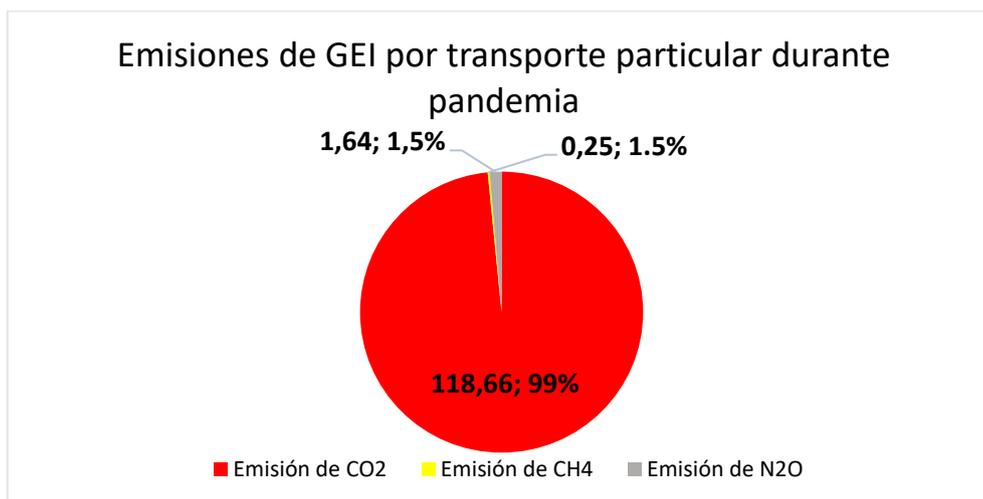
El análisis de los resultados relacionado con la movilidad terrestre de los trabajadores del GADMUR en transporte particular a través de sus autos propios muestra que se emitieron un total de 49.46 [t CO<sub>2</sub> - eq] para el primer período (01 enero 2019-16 marzo 2020). Con respecto al segundo periodo (17 marzo 2020-31 diciembre 2020) se obtuvo una emisión de 26,0764 [t CO<sub>2</sub> - eq], siendo menor que en el primer periodo. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con 0.7 y 0.66t respectivamente para la primera etapa de análisis representando un 2 y un 1 % de las emisiones, y para la segunda etapa 0,94 y 0,59 lo que representa un 1,5% para cada uno de estos gases como muestran las figuras 35 y 36,

**Figura35**

*Emisiones de los diferentes GEI por el transporte particular antes de pandemia.*

**Figura36**

*Emisiones de los diferentes GEI por el transporte particular durante pandemia.*



Para el periodo durante la pandemia se redujeron el número de automóviles que viajaban al GADMUR desde 80 a 46, siendo nuevamente la marca la más abundante con 20 vehículos.

Para calcular las emisiones producidas por cada vehículo se buscó la eficiencia de cada uno para poder obtener la cantidad de litros consumidos por marca y luego multiplicando la cantidad de días que duraron los periodos en cuestión por la cantidad

de litros utilizados, y por el factor de emisión por el potencial de calentamiento de los gases, como se pudo observar en las tablas 10 y 11.

Puesto que las respuestas válidas de la encuesta corresponden a 172 personas los cálculos de emisiones del transporte utilizado por empleados del GADMUR se correlacionan con ese número de empleados. Sin embargo, el número total de empleados del GADMUR suma 795, por lo que, para las emisiones del alcance 3 respecto a transporte de empleados se deben extrapolar resultados al total de la población de estudio.

Para el año 2019 se realizaron ocho vuelos desde Quito a Guayaquil y Quito a Salinas, y para el año 2020 se realizaron dos vuelos desde Quito a Guayaquil, para estos vuelos se calcularon las emisiones de GEI mediante la fórmula 1, se muestra de ejemplo el cálculo para un vuelo, los resultados se muestran en las tablas 12, 13.

Según el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica el Factor de emisión del queroseno para los años 2019 y 2020 es de 2,541 Kg/l

$$E = (21.3 \text{ (l)} \times 2.541 \text{ (Kg/l)} \times 1/1000) = 0.054208 \text{ (t CO}_2\text{-eq)}$$

Donde, el factor 21.3 corresponde a los litros de consumo de queroseno por parte de los vuelos del GADMUR (Tabla 12). El factor 2,541 es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>, ver (anexo 1). El factor 1 se obtuvo de la tabla 2, se divide entre 1000 para llevar todo a una misma unidad (1000 kg = 1t, el resultado de la ecuación, 0.054208 (t CO<sub>2</sub>-eq) se encuentra en la primera fila y última columna de la tabla 12.

**Tabla12**  
*Vuelos 2019.*

Vuelos 2019						
Origen	Destino	Distancia Km	Km/l	Combustible	Litros consumidos	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)
QUITO	<b>GUAYAQUIL</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
GUAYAQUIL	<b>QUITO</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208

QUITO	<b>GUAYAQUIL</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
GUAYAQUIL	<b>QUITO</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
QUITO	<b>GUAYAQUIL</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
GUAYAQUIL	<b>QUITO</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
QUITO	<b>SALINAS</b>	369,6	12	Queroseno	30,8	0,0782628
SALINAS	<b>QUITO</b>	369,6	12	Queroseno	30,8	0,0782628
Total						0,4817

**Tabla13**  
Vuelos 2020.

Vuelos 2020						
Origen	Destino	Distancia Km	Km/l	Combustible	Litros consumidos	Emisión de CO <sub>2</sub> (t)
QUITO	<b>GUAYAQUIL</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
GUAYAQUIL	<b>QUITO</b>	256	12	Queroseno	21,33333333	0,054208
Total						0,108

En cuanto a las emisiones obtenidas, se debe tomar en cuenta que para el alcance 3 siempre va a existir una mayor incertidumbre en el resultado de las emisiones y esto se debe principalmente a que la información no se puede obtener de una manera directa, sino que se debe realizar estimaciones y encuestas que permitan tener resultados lo más cercanos a la realidad.

#### **Análisis de los resultados por alcance y año**

En la tabla 14 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por cada alcance en los años 2019 y 2020

**Tabla14**  
Emisiones por alcances 2019 y 2020.

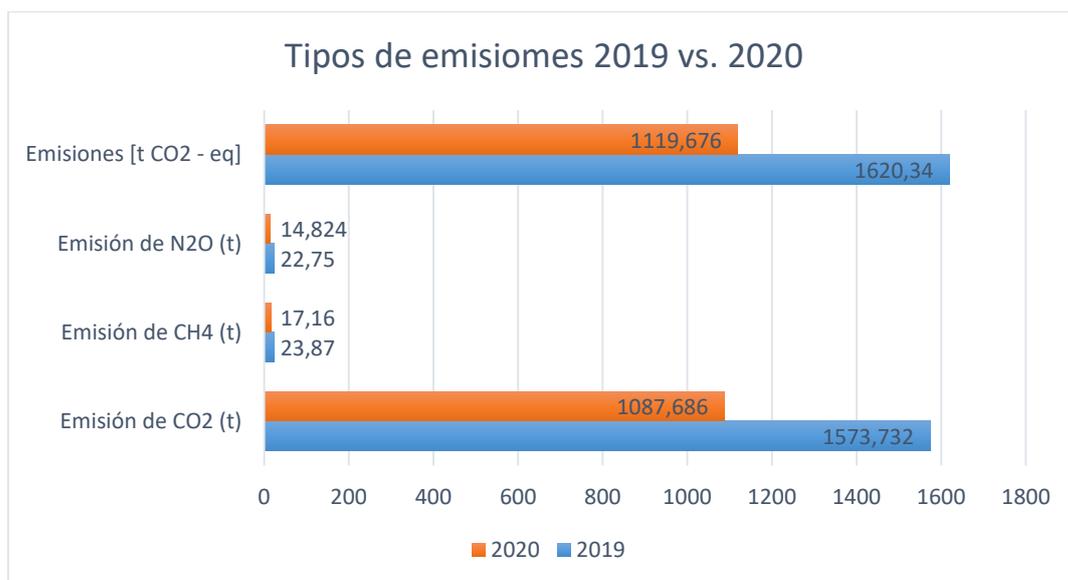
Alcance	2019			
	CO <sub>2</sub> (t)	CH <sub>4</sub> (t)	N <sub>2</sub> O (t)	[t CO <sub>2</sub> -eq]
Alcance	512,04	7,56	7,06	526,66

<b>2</b>	<b>Alcance</b>	32,59	0,1	0,006	32,75
<b>3</b>	<b>Alcance</b>	1029,102	16,21	15,63	1060,93
	<b>Total</b>	1573,732	23,87	22,75	1620,34

2020					
	Alcances	CO <sub>2</sub> (t)	CH <sub>4</sub> (t)	N <sub>2</sub> O (t)	[t CO <sub>2</sub> -eq]
<b>1</b>	<b>Alcances</b>	403,95	5,96	5,57	415,48
<b>2</b>	<b>Alcances</b>	26,27	0,08	0,04	26,396
<b>3</b>	<b>Alcances</b>	657,466	11,12	9,214	677,8
	<b>Total</b>	1087,686	17,16	14,824	1119,676

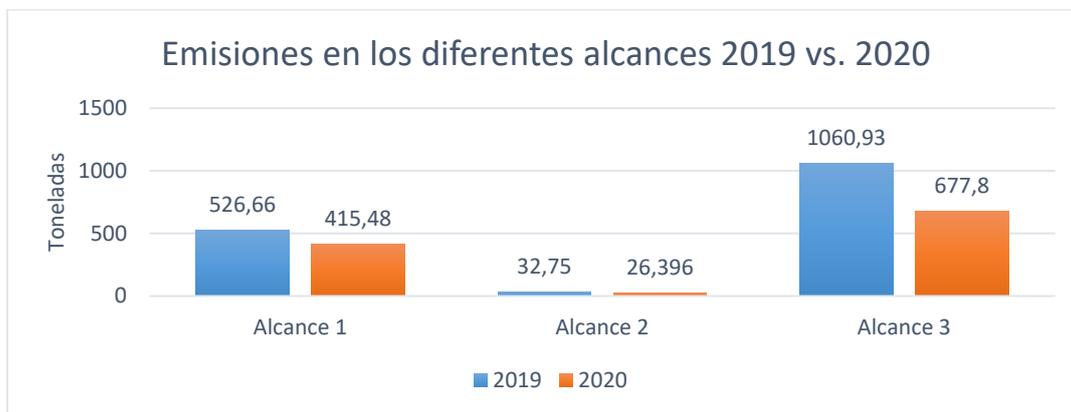
**Figura37**

*Tipos de emisiones 2019 vs 2020.*



**Figura38**

*Emisiones en los diferentes alcances 2019 vs 2020.*

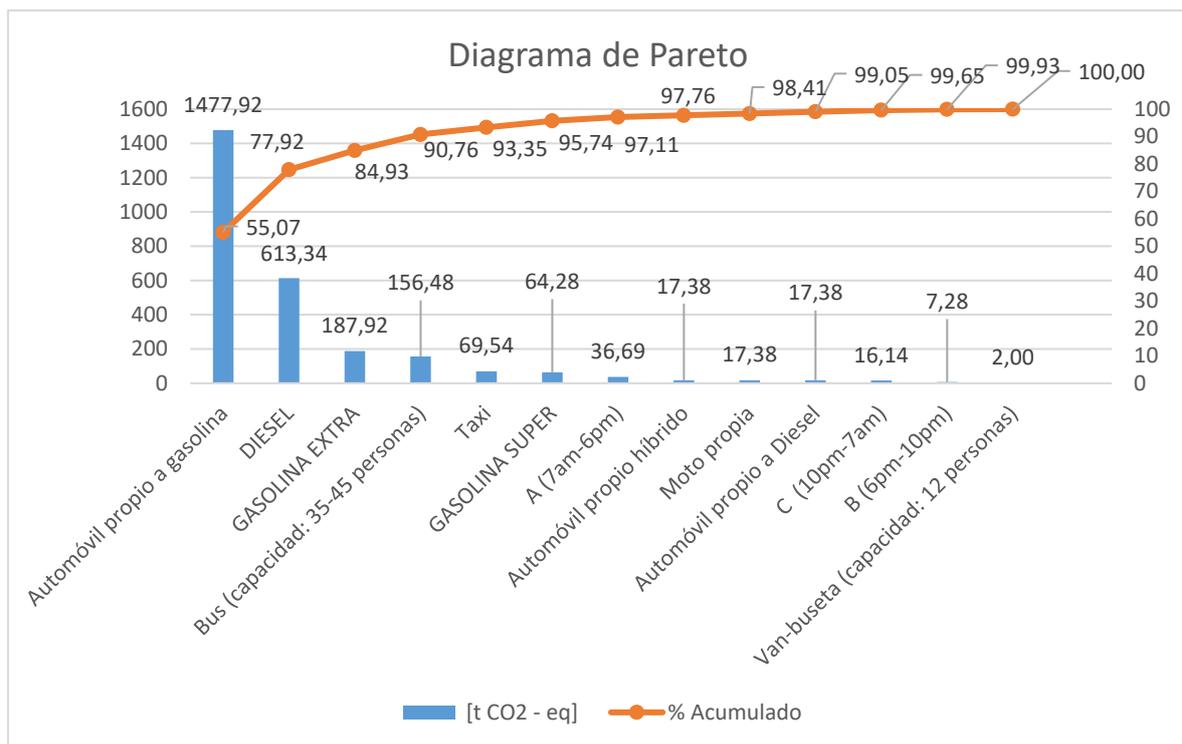


En las figuras 40 y 41 se muestran la cantidad y el tipo de emisiones, por alcance en los diferentes años, el valor del total de [t CO<sub>2</sub> - eq] se muestra extrapolado según la población total de 795 empleados de la entidad en el alcance 3. Para el año 2019, el total de emisiones es 1620,33 t CO<sub>2</sub> – eq mientras que para el año 2020, el total de emisiones es 1119,67 t CO<sub>2</sub> – eq lo que supone 500.654 t menos que el 2019. Tanto el 2019 como el 2020, el gas que más emisiones aportó fue el CO<sub>2</sub> siendo éste el responsable del 97% del total de las emisiones. Se puede apreciar en las figuras 40 y 41 una reducción significativa de la emisión de todos los gases del año 2020 con respecto al 2019, esta diferencia se debe mayormente a los efectos causados por la pandemia de la COVID 19.

### **Medidas de mitigación de emisiones y reducción de la huella de carbono**

Para determinar los mayores emisores de GEI producidos por el GAD se hizo un análisis según el diagrama de Pareto donde se analizaron las fuentes emisoras por separado sin tener en cuenta a que alcance pertenecen, dicho diagrama plantea que se debe establecer dos grupos de proporciones 80-20 aproximadamente, tales que hay grupo minoritario, formado por un 20% y el 80% un grupo mayoritario. De esta manera se puede concluir que los emisores que se encuentran ubicadas dentro del 80% o mayor a ese porcentaje tendrán prioridad al momento de implementar medidas de reducción.

En el diagrama de Pareto se representaron los datos de las emisiones de [t CO<sub>2</sub> - eq] para el alcance 1 con las distintas clasificaciones combustibles, en el alcance 2 se representaron los datos del consumo de electricidad por horarios, y el alcance 3 los datos de emisión según los distintos tipos de transporte utilizados por los empleados del GADMUR para desplazarse desde su domicilio al Palacio Municipal, como muestra en la figura 42.



**Figura 39** Diagrama de Pareto.

En el diagrama de Pareto se muestran los principales emisores, representando en éste la suma de las emisiones de los dos años y los alcances, los responsables de la mayor cantidad de emisiones de GEI según la figura 42 son los automóviles a gasolina propios de los empleados del GADMUR, seguidos por los vehículos de diésel propios del GAD. Por lo que se ha visto importante realizar un plan de mitigación enfocado principalmente en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq relacionadas a: (1) la movilidad del personal de la entidad desde y hacia su domicilio; (2) el parque automotor propio del GADMUR, y (3) el consumo eléctrico en el GADMUR. Adicionalmente, se propondrán medidas para reducir las otras fuentes de emisión como se describe en la tabla 16.

Estas medidas fueron planteadas para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes de las actividades de la institución que fueron analizadas, se ha asignado una puntuación de 4 para las medidas propuestas que representa ser muy prioritario.

Dentro de las medidas de reducción para cada actividad que produce emisiones de CO<sub>2</sub> existen medidas en específico, por tanto, se realiza una escala de puntuación en donde 4 es muy prioritario y 1 es poco prioritario, esta puntuación se asigna dependiendo del resultado obtenido por el diagrama de Pareto, como muestra la tabla 15.

**Tabla15**

*Puntuación de prioridad para cada emisor.*

Puntuación de prioridad para cada emisor		
Emisor		Puntuación
DIESEL	4	muy prioritario
Automóvil propio a gasolina	4	muy prioritario
Van-buseta (capacidad: 12 personas)	4	muy prioritario
GASOLINA EXTRA	3	prioritario
GASOLINA SUPER	3	prioritario
A (7am-6pm)	3	prioritario
C (10pm-7am)	3	prioritario
B (6pm-10pm)	3	prioritario
Taxi	2	medianamente prioritario
Automóvil propio híbrido	2	medianamente prioritario
Moto propia	2	medianamente prioritario

---

Automóvil propio a Diésel	1	poco prioritario
---------------------------------	---	------------------

---

En la tabla 16 se muestran las medidas de mitigación propuestas para la disminución de emisiones de GEI, consideradas desde la perspectiva del GADMUR, es decir: costo de implementación asumido por el GADMUR, ahorro monetario del presupuesto del GADMUR, reducción de huella del GADMUR y visibilidad del GADMUR. Es importante recalcar que no se considera cuando el costo de implementación es asumido por los empleados del GADMUR a través de medios de transporte que sean de su propiedad, ya que esto depende de la decisión personal del empleado y no del GADMUR.

**Tabla16**  
*Medidas de Mitigación Propuestas*

Componente	Tipo de Alcance	Medida o Acción	Criterios de evaluación				Total
			Costo de implementación	Ahorro monetario	Reducción de huella	Visibilidad	
<b>Transporte perteneciente al GADMUR</b>	Alcance 1	Renovación de los vehículos más antiguos ( $\geq 20$ -30 años) pertenecientes al GADMUR	1	2	4	3	10
<b>Transporte perteneciente al GADMUR</b>	Alcance 1	Mantenimiento de vehículos a gasolina y diésel pertenecientes al GADMUR	3	1	3	1	8
<b>Transporte</b>	Alcance 1 y 3	Fomentar el uso de transportes masivos como buses, mediante incentivos no monetarios	4	0	3	2	9
<b>Transporte</b>	Alcance 1 y 3	Fomentar el uso de bicicletas implementando parqueaderos exclusivos y, adquiriendo bicicletas propias del GADMUR para préstamo a empleados	2	1	3	4	10
<b>Transporte</b>	Alcance 1 y 3	Fomentar el uso de bicicletas implementando ciclo vías	1	1	3	4	9
<b>Transporte utilizado por empleados del GADMUR</b>	Alcance 3	Analizar los sectores donde vivan la mayor cantidad de trabajadores para implementar rutas de transporte en convenio con empresas que brindan el servicio de recorridos	1	0	4	4	9

<b>Transporte utilizado por empleados del GADMUR</b>	Alcance 3	Fomentar en el personal el uso del transporte compartido procurando que cada vehículo circule con al menos 3 personas mediante el desarrollo de una app e incentivos no monetarios.	4	0	4	2	10
<b>Transporte perteneciente al GADMUR</b>	Alcance 1	Carga de combustible en gasolineras cercanas	4	1	1	1	7
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Realizar una revisión y corrección de los circuitos de encendido de luces evitando encender luces en grupo. Implementar interruptores separados	3	2	2	3	10
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Reemplazar equipos actuales de alto consumo por equipos más eficientes en el consumo de electricidad	2	2	2	3	9
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Capacitar al personal para apagar y desconectar los equipos electrónicos una vez terminados los trabajos. Designar un semanero o guardia que se encargue de verificar que estén apagados.	4	2	2	3	11
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Sustitución de luces incandescentes por luces de bajo consumo.	2	3	2	3	10
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Aprovechar la luz natural apagando las luces innecesarias y reubicando oficinas en zonas de mayor luminosidad natural	4	2	2	2	10
<b>Consumo eléctrico</b>	Alcance 2	Instalar paneles fotovoltaicos en los tejados del palacio municipal	1	3	2	4	10
<b>Mitigación al CC</b>	Alcance 1,2 y 3	Reforestación como medida indirecta de mitigación, para la absorción de CO <sub>2</sub> , proveer sombra natural, etc	3	1	3	4	11

### Calificación de Criterios

0= Nulo

1= Bajo

2= Medio

3= Alto

4= Muy Alto

La Calificación del criterio de costo de implementación es opuesta al resto de criterios, siendo 4 nulo o bajo y 0 muy alto.

Muchas de las medidas propuestas para el GADMUR coinciden con lo expuesto por Lombardi et al. (2018) para la municipalidad de Foggia (Italia), quienes manifiestan que, para reducir los combustibles para el transporte por carretera, se deben implementar diferentes intervenciones, pasando por la adopción de políticas financieras y ejecutivas para incentivar el uso de vehículos más amigables con el medio ambiente. En entornos residenciales, por ejemplo, incluso si la preferencia de los consumidores por los automóviles privados de pasajeros ha superado cualquier otro medio de transporte, se debe fomentar el transporte público y modernizar la flota de buses, así como caminar, y andar en bicicleta (las nuevas rutas para bicicletas también podrían, por ejemplo, incorporar materiales naturales o permeables que mejoran el drenaje pluvial, representando así una acción de adaptación). A largo plazo, se deben promover campañas para sensibilizar a los ciudadanos hacia la movilidad inteligente y sostenible. En el sector público, la sustitución de flotas de vehículos antiguos y el uso de neumáticos ecológicos pueden ser la mejor solución directa. En las preferencias de uso de vehículo particular habría que enfocar la pandemia.

Al contrastar los datos de esta investigación con artículos científicos y trabajos realizados con anterioridad:

En primer lugar, Filimonau et al. (2020) compara la huella de carbono de una universidad mediana del Reino Unido producida durante el bloqueo de COVID-19 (abril-junio de 2020) con la generada dentro del período de tiempo respectivo en años anteriores. Aunque la huella de carbono general de la Universidad se redujo en casi un 30 % durante el confinamiento, el trabajo/estudio en casa genera tanta huella de carbono como el viaje al trabajo/universidad. En el caso del GADMUR, la reducción de la HC mensual durante el confinamiento por COVID fue de 41.72 ton, es decir el 30.9%, pero efectivamente, para poder tener un análisis real de la transferencia de huella de carbono desde el GADMUR hasta los domicilios de los empleados, se debería calcular el aumento de las huellas de carbono domésticas de los empleados. Es importante

indicar que esta comparación se realizó ya es una parte específica del Palacio Municipal del todo el GADMUR y sería uno de los proyectos pioneros en los GAD's,

Según Clabeaux et al. (2020), la huella de carbono de la Universidad de Clemson en EE. UU. es de aproximadamente 4,4 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente por estudiante. Las emisiones del alcance 1 representaron aproximadamente el 19 % de la huella de carbono, mientras que las emisiones de alcance 2 y 3 contribuyeron cada una con casi el 41 %. Las mayores fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero fueron la generación de electricidad y los desplazamientos automotores 18. Al comparar con el GADMUR, se observa que en 2019 es 2.04 ton/per cápita mientras que en 2020 desciende a 1.41 ton/per cápita, es decir un promedio para ambos años de 1.72 t toneladas métricas de CO<sub>2</sub> son emitidas por cada empleado. Para 2019, los gases emitidos en el análisis del alcance uno son aproximadamente el 32.5% de las emisiones y los alcances dos y tres un 2% y un 65.47% respectivamente siendo el alcance tres el de mayor volumen de emisiones. Estas entidades, aunque diferentes se pueden comparar por las regularidades que presentan, y a que no son fábricas ni empresas productoras, por lo que los gastos y emisiones se deben al consumo de electricidad, agua, y gasto de combustible para la transportación.

Según Barrientos (2021) los resultados de su estudio evidencian que la fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero de la empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. es el consumo de combustible líquido, siendo los niveles de emisión de 174,489.60 t CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub>eq para el año 2019, de 69,895.35 t CO<sub>2</sub>eq para el año 2020 y de 70,876.49 t CO<sub>2</sub>eq eq para el año 2021. Por tanto, se obtuvo como conclusión que la huella de carbono relacionada con el consumo de combustible líquido de la empresa se redujo entre 2019 y 2020 en 59.94%, observándose un ligero incremento de 1.94% entre 2020 y 2021, por lo que se propusieron tres medidas de reducción de las emisiones de gases de efectos invernadero.

En este punto, coincide con esta investigación, la pandemia implicó una reducción del consumo de combustibles, pues la mayoría de las acciones se realizaron mediante teletrabajo. De igual manera, con la reincorporación al trabajo presencial, se observa un incremento nuevamente, por lo que resultó necesario plantear medidas de mitigación.

Por otro lado, Alarcón y Sarria llevaron a cabo su estudio en una farmacéutica (2021) en donde los resultados fueron totalmente distintos, pues ellos continuaron asistiendo en el tiempo de confinamiento, a su trabajo. Es por ello, que decidieron difundir los datos obtenidos entre el personal de la empresa para lograr una concientización y promover el mejor uso de recursos. Además, propusieron mejorar la matriz energética a largo plazo para poder disminuir el uso de este recurso, pues es el principal aportante a la cuantificación. Se sugiere la reutilización de recursos siempre que sea posible, como papel y agua.

Finalmente, se contrasta con la investigación de Llampén (2020) donde se obtuvo como principal resultado que la huella de carbono del MINEM durante los años 2018 y 2020 es producida por el combustible y responde al 98.67% de emisiones de GEI en el año 2018 y 99.46% en el año 2020. Lo cual coincide con nuestros datos obtenidos de antes de la pandemia, donde el consumo de combustibles era muy alto.

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- Se determinó la huella de carbono para el palacio municipal del GADMUR durante los años 2019 y 2020. En el año 2019, el GADMUR emitió un total de 1620.34 t eq -CO<sub>2</sub> equivalente a la atmósfera. Mientras que en el año 2020 se nota una reducción de las emisiones con un total de 1119.67 t de CO<sub>2</sub> equivalente, esto principalmente debido a la pandemia por Covid 19
- Considerando que el área edificada del GADMUR son 3384.07 m<sup>2</sup>, las emisiones por metro cuadrado son: 0.48 t para 2019 y 0.333 t para 2020. Por otra parte, dado que el número total de empleados del GADMUR son 795, las emisiones per cápita son 2.04t para 2019 y 1.41 t para 2020.
- Se identificaron como fuentes de emisión el alcance 1, las emisiones del parque automotor del GAD, que utilizan diésel y que son responsables del 22,85%, y los de gasolina extra del 7% de las emisiones totales. El alcance 2, las emisiones generadas por el consumo eléctrico. El alcance 3, las emisiones relacionadas por el consumo de combustible de las fuentes indirectas, este tiene un mayor aporte al total de emisiones en los 2 años, es responsables del 55,07% de las emisiones totales, y evidencia además la mayor reducción del año 2020 con respecto al 2019.
- El valor de la huella de carbono del palacio municipal GADMUR EN 2019 fue 1620.34 t eq -CO<sub>2</sub> mientras que para el año 2020 descendió a 1119.67 t de CO<sub>2</sub>, es decir, se redujo en un 30,8% aproximadamente. Esto sucedió a causa del teletrabajo que fue consecuencia de la pandemia del covid 19
- Se propuso el plan de mitigación para disminuir las emisiones encaminado a los 3 alcances en orden de prioridad contempla la renovación el parque automovilístico más antiguo del GADMUR correspondiente a más de 30 años de antigüedad, la implementación de nuevas rutas de transporte en los sectores

donde vivan la mayor cantidad de trabajadores, la fomentación del uso de transportes masivos como buses mediante incentivos no monetarios, y opciones de teletrabajo varios días a la semana.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda establecer una base de datos integral del GADMUR a ser rellena mensualmente, puesto que la información manejada no está unificada. con el fin de un mejor manejo de la información y que en futuras actualizaciones de la huella de carbono del GAD, el rango de incertidumbre sea menor y el cálculo tenga un porcentaje de exactitud mayor. Además, de poder tener un control de las actividades y recursos que maneja la institución.
- Se recomienda priorizar alternativas de reducción que puedan ser implementadas en la entidad a un costo bajo, como la propuesta del “auto compartido” o carpooling. En este caso pueden replicarse iniciativas internacionales exitosas como Blablacar o Hoop Carpool mediante las correspondientes apps.
- Se recomienda que se implemente una política de incentivos no monetarios para fomentar las acciones que dependen exclusivamente de la elección de modo de transporte por parte de los empleados del GADMUR, como el uso de bicicleta, bus, o el carpooling.
- Mediante el plan de mitigación propuesto en esta investigación se espera que las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq se reduzcan en próximos años. Además, se motiva para se realicen actualizaciones de la huella de carbono y desarrollar más investigaciones en las varias instalaciones o edificios del GADMUR para que permitan reducir las emisiones de los mismos y que en años futuros se pueda tener una entidad carbono neutro.



## Bibliografía

- Alarcón, I. (24 de octubre de 2017). Sector transporte es el mayor generador de gases efecto invernadero en Ecuador. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/mariavictoriachiriboga-ministeriodelambiente-entrevista-diamundialcontraelcambioclimatico-gasesdeefectoinvernadero.html#:~:text=Sector%20transporte%20es%20el%20mayor%20generador%20de%20gases%20efecto%20invernadero%20e>
- Alarcón, P., & Sarria, A. (2021). Estimación de la huella de carbono de la producción farmacéutica en la Empresa Laboratorios AC FARMA SA, Periodo 2020. Lima: Universidad César Vallejo.
- Barrientos, E. (2021). Determinación de la huella de carbono del consumo de combustible líquido de la empresa transportes Cruz Del Sur SAC en Lima de los Años 2019-2021. Lima: Universidad César Vallejo.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnicas sobre gases de efecto invernadero y cambio climático. Bogotá: IDEAM.
- Beyond Petroleum. (2019). statistical review of world energy. . Obtenido de Statistical review of world energy 2019 68th edition. : <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Buendía, F. (2011). Los gobiernos autónomos descentralizados. Revista La Tendencia(11), 117-121.
- Clabeaux, R., Carbajales-Dale, M., Ladner, D., & Walker, T. (2020). Assessing the carbon footprint of a university campus using a life cycle assessment approach. . Journal of Cleaner Production, 273.

Constitución de la República. (2008). Asamblea Nacional. Quito: Jurídica.

Doll, J., & Baranski, M. (2011). *Greenhouse Gas Basics*. Michigan: Michigan State University.

El Universo. (14 de agosto de 2020). Confinamiento redujo hasta en un 60 % las emisiones de gases de efecto invernadero en Ecuador. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/08/14/nota/7941616/confinamiento-contaminacion-gases-efecto-invernadero-ambiente/>

Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176.

Fenner, A., Kibert, C., Woo, J., Morquea, S., Razkenari, M., Hakima, H., & Lu, X. (2018). The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1142-1152.

Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N., & Wintrip, R. (2021). The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 756.

GADMUR). (2021). Rumiñahui y gestión ambiental. Obtenido de <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/>

Gilfillan, D., Marland, G., Boden, T., & Andres, R. (2019). *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emission*. . Boone North Carolina: Dioxide Analysis Center at Appalachian State University.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (IPCC). (2014). *Cambio Climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

- Guallasamin, K., & Simón Baile, D. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050 . Letras Verdes. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (24), 27-56.
- Guallasamin, W. (2017). Calculadora de huella de carbono para el cultivo de rosas comparando GHG PROTOCOL VS PAS 2050: Caso de estudio Ecoroses S.A. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). Metodología de la investigación (5 ed.). México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores S.A.
- Kiessling, C. (2021). Principio de las Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas: un análisis de la internalización de la norma por parte del sector privado en Brasil (2005–2015). *Estudios Internacionales*, 53(198), 63-88.
- Lacis, A. A. (2012). Greenhouse Effect. En G. Liu (Ed.), *Greenhouse Gases - Emission, Measurement and Management*. Grand Forks: University of North Dakota.
- Larsen, H., & Hertwich, E. (2010). Identifying important characteristics of municipal carbon footprints. *Ecological Economics*, 70(1), 60-66.
- Llempén, G. (2020). Estimación de la huella de carbono y alternativas para su reducción en el Ministerio de Energía y Minas, Lima, 2018 - 2020. Lima: Universidad César Vallejo.
- Lombardi, M., Laiola, E., Tricase, C., & Rana, R. (2018). Toward urban environmental sustainability: the carbon footprint of Foggia's municipality. *Journal of Cleaner Production*, 186, 534-543.
- Masson, V., Zhai, P., Pörtner, H., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., & Waterfield, T. (2018). Global warming of 1.5 C. . An IPCC Special Report on the impacts of global warming of(1), 1-9.

Melo, G. (2018). Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (18 de 12 de 2013). Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador. Recuperado el 05 de 06 de 2017, de Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Factor-de-emisi%C3%B3n-2013-Publicado.pdf>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE). (2016). Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010. Quito: Ministerio de Ambiente.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE). (27 de marzo de 2019). Ecuador reducirá sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta el 2025. Obtenido de MAAE: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-reducira-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-hasta-el-2025/>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (9 de septiembre de 2020). El cambio climático avanza implacablemente a pesar de la pandemia COVID-19, advierten los científicos. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/09/1480142>

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (25 de noviembre de 2019). Se alcanzan niveles récord de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Obtenido de OMM.: <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465851>

Pérez, P. (2018). Huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito año 2017 y plan de mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Presidencia de la República del Ecuador. (2010). Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización, Registro Oficial 303. Quito: Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autonomos Descentralizados.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2020). Informe sobre la brecha en las emisiones en 2020. ONU: Nairobi.

Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile: CEPAL.

Secretaría Nacional de Planificación (Senplades). (2017). Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021. Quito: Senplades.

Toro, A. (2013). La huella de Carbono de UCO. Córdoba: Universidad de Córdoba.

Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). A definition of carbon footprint. En C. Pertsova (Ed.), Ecological Economics Research Trends. New York: Nova Science Publishers.

World Bank. (2021). Emisiones per cápita, datos World Bank (Excel). Obtenido de <https://databank.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/1ff4a498/Popular-Indicators#>

**Anexos**