



**Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito**

**Programa de Ingeniería Civil**

**Comportamiento de la Movilidad y Propuesta Metodológica para  
Evaluar Emisiones en Campus Universitarios**

**Manuel Alejandro Molano Cañón**

**Diego Fernando Coronado Soler**

**Bogotá, D.C., mayo de 2020**



# **Comportamiento de la Movilidad y Propuesta Metodológica para Evaluar Emisiones en Campus Universitarios**

**Trabajo dirigido para optar al énfasis en tránsito y transporte**

**Director:**

**PhD. Mónica Marcela Suarez Pradilla.**

**Profesor Asistente del Centro de Investigación en Vías y Transporte**

**Bogotá, D.C., mayo de 2020**



## AGRADECIMIENTOS

Por la guía, tiempo prestado y colaboración en el desarrollo de este trabajo dirigido, agradecemos a la Ingeniera Mónica Marcela Suarez Pradilla.

Al ingeniero Fredy Oswaldo Carreño Sánchez. Y al grupo del trabajo dirigido “*Estudio de Prefactibilidad para la Implementación de un Sistema de Rutas como Medio de Transporte Alternativo para la Comunidad de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*”, por su colaboración en el desarrollo de la encuesta de movilidad 2020.

A quienes contribuyeron contestando la encuesta de movilidad 2020.

## Resumen

El estudio de los temas relacionados al transporte y la movilidad son de vital importancia para la sociedad. Diariamente las personas realizan desplazamientos para cubrir las necesidades que hay en territorio, lo cual, que requieren del uso de diferentes modos de transporte. En los últimos años ha crecido la importancia del estudio y análisis del medio ambiente, más específicamente de la sostenibilidad. El transporte genera una amplia gama de externalidades que están relacionadas con el medio ambiente como la congestión, las emisiones, el ruido, etc. Los viajes por motivo estudio se caracterizan porque se realizan durante todo el día y tienen un único destino en muchos casos. Este trabajo muestra una metodología para analizar la movilidad y el cálculo de emisiones en un campus universitario. Adicionalmente, se desarrolla un caso de estudio que utiliza dos encuestas de movilidad realizadas en diferentes años para desarrollar los análisis estadísticos e indicadores que caracterizan la movilidad del campus universitario *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*. Finalmente, el trabajo busca mostrar las bondades del transporte sostenible mediante el uso de alternativas como las bicicletas que son de cero emisiones y generar una conciencia ambiental en el lector.

**Palabras claves:** *Emisiones; viajes; movilidad; transporte sostenible; medio ambiente*

## Abstract

The study of issues related to transport and mobility are of vital importance for society, daily people who move between origins and destinations, which, travel and requirements for the use of different modes of transport. In the last years, the importance of the study and analysis of the environment has grown, more specifically of sustainability. Transport generates a wide range of externalities that are related to the environment such as congestion, emissions, noise, etc. Study trips are characterized because they take place throughout the day and have a unique destination in many cases. This work shows a methodology to analyze mobility and the calculation of emissions on a university campus. In addition, a case study is developed that uses two mobility surveys carried out in different years to develop the statistical analyzes and indicators that characterize the mobility of the Julio Garavito Colombian School of Engineering campus. Finally, the work seeks to show the benefits of sustainable transport using alternatives such as zero-emission bicycles and to generate environmental awareness in the reader.

**Keywords:** *Emissions; trips; mobility; sustainable transport; environment*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.2 Hipótesis.....	11
1.3 Justificación.....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo principal.....	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
<b>CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA.....</b>	<b>14</b>
2.1 Movilidad de calidad con menos autos.....	14
2.2 Cultura de la movilidad.....	15
2.3 Los equipamientos universitarios como agentes territoriales.....	16
2.4 Emisiones e infraestructura de transporte.....	17
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 Etapas de la Metodología.....	20
3.2 Fuentes de datos.....	22
• Revisión preliminar de estudios realizados anteriormente y actualizaciones realizadas.....	22
• Diseño y aplicación de encuesta de movilidad 2020.....	22
• Diseño del SIG de ubicación de la población universitaria.....	23
El SIG de ubicación de la población universitaria se elaboró con un total de 5918 direcciones entre estudiantes, empleados y personal de servicios. El anexo 2 muestra la metodología utilizada. ....	23
3.3 Procesos metodológicos.....	23
• Modelación estadística de la información e indicadores.....	23
• Análisis de aforos de bicicletas año 2017.....	23
• Análisis de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	24
• Formulación de estrategia conjunta.....	24
<b>CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
4.1 Caso de estudio.....	26
4.2 Aplicación de la metodología.....	26



4.2.1 Encuesta de movilidad 2020 .....	26
• Franjas horarias de mayor demanda de viajes para llegada y salida.....	38
• Viajes por franja horaria .....	39
• Distribución modal por genero .....	43
4.3 Comparación entre la encuesta de movilidad 2017 y la encuesta de movilidad 2020 .....	46
• Género .....	46
• Uso de la bicicleta .....	47
• Asistencia a las actividades académicas .....	48
• Evolución de porcentaje de modos de transporte 2017-2020 .....	50
• Porcentaje de viajes por modo y franja horaria .....	53
<b>CAPITULO 5. PROPUESTA SOBRE CALCULO DE EMISIONES EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO .</b>	<b>55</b>
5.1 Propuesta de un modelo de evaluación de emisiones .....	56
5.2 Propuesta de implementación de modos alternos de transporte.....	61
<b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
Recomendaciones para futuros estudios .....	65
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>68</b>
ENCUESTA DE MOVILIDAD 2020, FUENTE: GOOGLE FORMULARIOS .....	68
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>74</b>
Metodología para la generación de sistema de información geográfica SIG de ubicación.....	74

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos estadísticos según residencia por localidad encuesta 2020 ECIJG. Fuente: Propia.....	29
Tabla 2 Residencia según municipio encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia .....	30
Tabla 3 Datos obtenidos de medios de transporte que usa la comunidad encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia.....	33
Tabla 4 Hora promedio de llegadas vs salidas encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia .....	38
Tabla 5 Porcentaje de viajes, franja 6am-10am encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia .....	40
Tabla 6 Porcentaje de viajes, franja 10:00am-4:00pm encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia ..	41
Tabla 7 Porcentaje de viajes, franja 4:00 pm-8:00pm encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia ...	42
Tabla 8 Distribución modal por género, Hombres Mujeres, encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia.....	44
Tabla 9 Uso de la bicicleta como alternativa, Fuente: Propia .....	47
Tabla 10 Asistencia a la institución por días 2017 vs 2020, Fuente: Propia .....	49
Tabla 11 Modos de transporte 2017 y 2020, Fuente: Propia.....	51
Tabla 12 Factores de Emisión para los combustibles, Fuente: Fundación Natura Colombia .....	57
Tabla 13 Datos vehículo y cantidad de usuarios que lo usan, Fuente: Propia .....	58
Tabla 14 Consumos por viaje y diarios de combustible, Fuente: Propia .....	58
Tabla 15 Consumo mensual y emisiones de carbono diarias y mensuales, Fuente: Propia.....	59
Tabla 16 Emisiones ajustadas y criterio de consumo, Fuente: Propia.....	59
Tabla 17 Clasificación de emisiones por escala, Fuente: Metodologías para la evaluación de aspectos ambientales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (2014).....	60

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 distribución modal de los viajes en Bogotá, Fuente: encuesta de movilidad Bogotá 2019.....	15
Ilustración 2 jerarquía del modo principal de viaje, Fuente: Encuesta de movilidad 2019 .....	16
Ilustración 3 Diagrama metodológico, elaboración propia.....	20
Ilustración 4 Campus de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Fuente: M., Suárez y M., Ramírez (2017) .....	26
Ilustración 5 Resultados según género encuesta 2020 ECIJG. Fuente: Propia .....	27
Ilustración 6 Resultados según edad encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia .....	28
Ilustración 7 Resultados según lugar de residencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia .....	28
Ilustración 8 Estadísticos obtenidos según localidades de Bogotá encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia.....	30
Ilustración 9 estadísticos de población según residencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia .....	31
Ilustración 10 estadísticos obtenidos de distancias encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia.....	32
Ilustración 11 Estadísticos según asistencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia .....	32
Ilustración 12 estadísticos obtenidos de aceptación de uso de la bici encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia.....	33
Ilustración 13 Estadísticos de preferencias de medios de transporte encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia.....	34
Ilustración 14 Resultados hora de llegada vs Hora de salida encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia .....	39
Ilustración 15 Porcentajes de viajes Franja 6:00am-10:00am, Fuente: Propia.....	41
Ilustración 16 Resultados porcentajes de viajes Franja 10:00am-4:00pm encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia .....	42
Ilustración 17 Resultados porcentajes de viajes Franja 4:00pm-8:00pm encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia .....	43
Ilustración 18 Resultados distribución modal por género, Encuesta 2020 ECIJG Fuente: Propia .....	45
Ilustración 19 Indicadores de la población según género, Fuente: Encuesta de movilidad 2017 .....	46
Ilustración 20 Aceptación del uso de la bicicleta como alternativa, Fuentes: Propia y Encuesta de movilidad 2017.....	48
Ilustración 21 Evolución días de asistencia a la escuela 2017 vs 2020, Fuentes: Propia y Encuesta de movilidad 2017. ....	49
Ilustración 22 Evolución de porcentaje de modos de transporte 2017-2020, Fuente Propia .....	51
Ilustración 23 Inclinación hacia un modo de transporte 2017, 2020, Fuente: Propia .....	52
Ilustración 24 Porcentaje viajes por modo y por franja horaria 2017, Fuente: Encuesta de movilidad 2017.....	53

Ilustración 25 Porcentajes de viajes por modo y Franja horaria, Fuente: Propia .....	54
Ilustración 26 Aforos y porcentajes de ocupación para bicicletas del día 11 de agosto de 2017, Fuente: Aforos realizados por el Centro de Vías y Transporte (2017) .....	62
Ilustración 27 Bici-parqueadero principal de la Escuela Colombiana de ingeniería en un día típico, Fuente: Propia.....	65
Ilustración 28 Resumen de la metodología paso a paso para el tratamiento colectivo de direcciones, Fuente: Propia.....	75
Ilustración 29 SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Fuente: SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.....	76
Ilustración 30 SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito organizado por municipio. Fuente: SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.....	77
Ilustración 31 SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito con direcciones normalizadas. Fuente: Propia .....	78
Ilustración 32 Ejemplo de creación de capa en My Maps, Fuente: Google My Maps .....	79
Ilustración 33 Cargue de datos en Google My Maps, Fuente: Google My Maps .....	79
Ilustración 34 Selección de columnas para colocar las marcas de posición, Fuente: Google My Maps.....	80
Ilustración 35 Selección de columnas para indicar el título de cada marcador, Fuente: Google My Maps .....	80
Ilustración 36 Ejemplo de exporte de una capa a KMZ, Fuente: Google My Maps .....	81
Ilustración 37 Menú de exportación de capa a KMZ, Fuente: Google My Maps .....	81
Ilustración 38 Capa resultante KMZ, Fuente: Propia.....	82
Ilustración 39 Cargue de capa en Google Earth, Fuente: Google Earth.....	82
Ilustración 40 Capa abierta en Google Earth, Fuente: Propia, Google Earth.....	83
Ilustración 41 Menú de herramientas de Google Earth, Fuente: Propia, Google Earth.....	83
Ilustración 42 Opciones de Google Earth, Fuente: Google Earth .....	84
Ilustración 43 La nueva capa con coordenadas UTM se guarda reemplazando a la capa original, Fuente: Propia, Google Earth.....	85
Ilustración 44 Cargue de capa KMZ a GSP Visualizer para obtener un archivo .gpx, Fuente: GPS Visualizer.....	86
Ilustración 45 Cargue de capa en formato .gpx en MapSource, Fuente: MapSource .....	87
Ilustración 46 Capa abierta en MapSource, Fuente: MapSource.....	87
Ilustración 47 La capa .gpx se guarda como Archivo de texto (*.txt), Fuente: Propia, Map Source.....	88
Ilustración 48 Distribución de Texto en cada columna, Fuente: Propia .....	88
Ilustración 49 Datos arrojados por MapSource al final de la metodología propuesta, Fuente: Propia .....	89
Ilustración 50 Datos finales organizados, Fuente: Propia .....	90

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El transporte urbano es la fuente principal de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera. El crecimiento del número de viajes en las áreas urbanas ha facilitado el incremento de las emisiones debidas a la congestión que se presenta por la falta de equilibrio entre la oferta y la demanda. Actualmente, se promociona el transporte sostenible, que se articula con una serie de políticas públicas dirigidas a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de una ciudad para optimizar los desplazamientos generados y reducir el impacto en el medioambiente (F. Robusté,2011).

Los campus universitarios son grandes equipamientos que atraen cada día un gran número de viajes o desplazamientos, por lo que, configuran grandes centralidades en el territorio. Luego es importante evaluar el comportamiento de la movilidad de sus integrantes con el fin de detectar como pueden contribuir a la sostenibilidad ambiental (F. García,2015).

### *1.2 Hipótesis*

La hipótesis de partida sugiere que la promoción de los transportes sostenibles en los campus universitarios mejora la eficiencia de sus desplazamientos y la calidad de vida de sus integrantes. Particularmente, en el campus Escuela Colombiana de Ingeniería



- Diseñar y aplicar una encuesta de preferencias reveladas y declaradas para un campus universitario.
- Actualizar un sistema de información geográfica SIG para conocer las distancias de viaje de los integrantes de la comunidad educativa.
- Establecer las razones que motivan la elección de un medio de transporte específico frente a otros y establecer una guía que sea fácil de aplicar para futuros estudios de movilidad.

El presente documento se estructura en seis capítulos de la siguiente forma: en el capítulo 2 se realiza una revisión literaria, en el capítulo 3 presentaremos la metodología y las fuentes de información, el capítulo 4 presenta el caso de estudio y la aplicación de la metodología, el capítulo 5 contiene la propuesta sobre cálculo de emisiones en un campus universitario y por último el capítulo 6 contiene las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA

Este capítulo revisa la literatura existente referente a la relación entre la movilidad en espacios universitarios, el transporte y el medio ambiente, así como también sus características, causas y consecuencias y tiene un enfoque de sostenibilidad.

### *2.1 Movilidad de calidad con menos autos*

En los últimos 5 años, el parque automotor ha crecido un 24%, su distribución por tipos de vehículos es aproximadamente la siguiente: camionetas un 62%, motos un 23% en Bogotá. Mientras que, los vehículos para servicio público sólo lo han hecho un 2% de acuerdo con la encuesta de Bogotá como vamos, 2019. Estas cifras muestran un evidente incremento del uso del automóvil privado en Bogotá. Por ello, es necesario explorar estrategias que busquen reducir su uso ya que sólo contribuyen a realizar el 14,9% del total de viajes (ilustración 1). Además, las externalidades asociadas a su uso como los siniestros viales, emisiones contaminantes, ruido, congestión y uso inequitativo del espacio público causan un gran impacto en la sociedad.

Para reducir su uso, no sólo basta con brindar mejores opciones de movilidad no motorizada y transporte público, sino que, son necesarias medidas de gestión para desalentar los viajes en este modo de transporte, incentivar a que los usuarios cambien de modo y hacer más eficientes los viajes que ya se realizan.

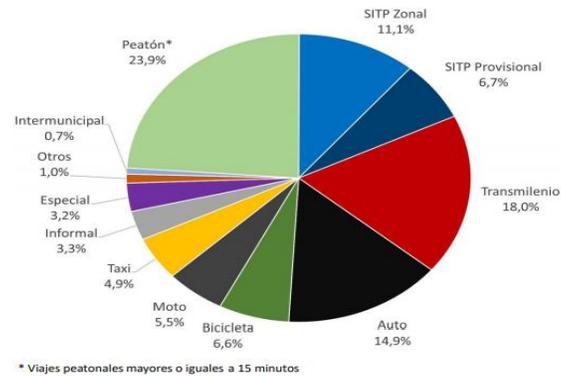


Ilustración 1 distribución modal de los viajes en Bogotá, Fuente: encuesta de movilidad Bogotá 2019

## 2.2 Cultura de la movilidad

El nuevo paradigma de jerarquía de transporte dentro de la ciudad que tiene en cuenta los diversos propósitos del viaje implica la promoción de una nueva cultura de movilidad y seguridad vial, en la que, los conductores de vehículos motorizados respeten el derecho de tránsito y la integridad física de peatones, personas con discapacidad y ciclistas. Así mismo, deberán promoverse los modos de transporte más eficientes para desalentar el uso del automóvil entre la población (Instituto de Investigaciones Parlamentarias, 2018).

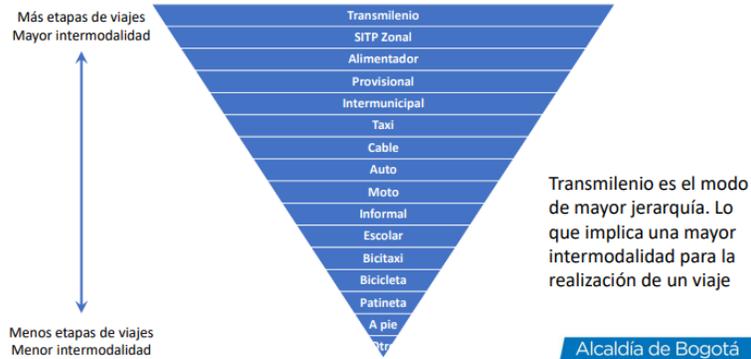


Ilustración 2 jerarquía del modo principal de viaje, Fuente: Encuesta de movilidad 2019

### 2.3 Los equipamientos universitarios como agentes territoriales

El estudio de los campus universitarios como agente territorial se pueden dividir en dos grandes casos, *universidades ubicadas en ámbito urbano*, las cuales forman parte de la ciudad y son ciudad, y las *universidades que adoptan forma de campus*, aisladas de las tramas urbanas tradicionales de su entorno y que, desde su creación, sólo estaban destinadas a actividades académicas.

En el primer caso el espacio suburbano de universidad, el campus, en general, se ha ido transformando en ciudad, no en términos administrativos sino funcionales, en la medida que se van localizando, en el recinto del campus, funciones plenamente urbanas (comerciales, culturales, deportivas, etc.) y se construyen espacios residenciales e infraestructuras de transporte.

Una transformación que se complementa en la medida que, los campus universitarios forman parte de una red de nodos urbanos a escala metropolitana o regional. Un nodo que no se identifica con sus límites estrictos del campus, sino con sus funciones enraizadas en la teoría de los territorios del conocimiento, basada en flujos de personas y de información tomado de (Miralles-Guasch,2009).

#### *2.4 Emisiones e infraestructura de transporte*

El transporte es uno de los principales emisores de gases efecto invernadero y otros contaminantes que inciden en el cambio climático. En Bogotá, hoy por hoy, el parque automotor es el responsable del 60,3% de la contaminación del aire es por esto que el desarrollo de nuevas políticas y el adoptar nuevos hábitos como (utilizar transporte público, compartir el vehículo o utilizar la bicicleta) se convierten en factores determinantes en la disminución de los efectos nocivos sobre el medio ambiente y otras externalidades negativas del transporte, es una necesidad ineludible disminuir las emisiones de carbono al máximo posible para seguir avanzando hacia un desarrollo sostenible. Por lo que todas las soluciones que se propongan deben ser concebidas de forma integral, en primer lugar, priorizando la infraestructura vinculada a los modos de transporte más eficientes y menos contaminantes (Ministerio de Minas y energía,2018).

La mayoría de las emisiones son producto del tipo de combustible utilizado para transportar los productos o pasajeros, por esta razón, las políticas de transporte debieran favorecer particiones modales que promuevan modos menos contaminantes y más

eficientes en términos energéticos, para permitir con ello una mejor sostenibilidad y mayor competitividad y productividad de su economía. Esto es válido también para el transporte de pasajeros y la movilidad urbana (Ministerio de Minas y energía,2018).

Colombia no especifica el objetivo ambiental y de sostenibilidad en sus objetivos estratégicos, ni registra instrumentos de seguimiento y control asociados a criterios de sostenibilidad asociadas a la infraestructura y servicios de transporte.

Sin embargo, Colombia viene desarrollando esfuerzos para contrarrestar los efectos negativos del cambio climático a través de acciones de mitigación, es decir, reduciendo las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera (Ministerio de Minas y energía,2018).

A través del decreto 948 de 1995 (Ministerio del Medio Ambiente, 1995), se determina el reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas y móviles, y la protección de la calidad del aire aplicable a todo el territorio nacional teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Iniciativas diversas.** Cabe mencionar algunas acciones hacia la reducción de emisiones en el transporte como el programa de sustitución de combustibles fósiles, a través de la promoción de GNV (Gas Natural Vehicular) y biocombustibles — alcohol y biodiesel. Adicionalmente existe una nueva reglamentación sobre fuentes móviles que modifica los niveles de emisión de contaminantes al aire por vehículos y motocicletas, además de otras iniciativas ambientales para la reducción de emisiones CO<sub>2</sub> en el sector transporte.

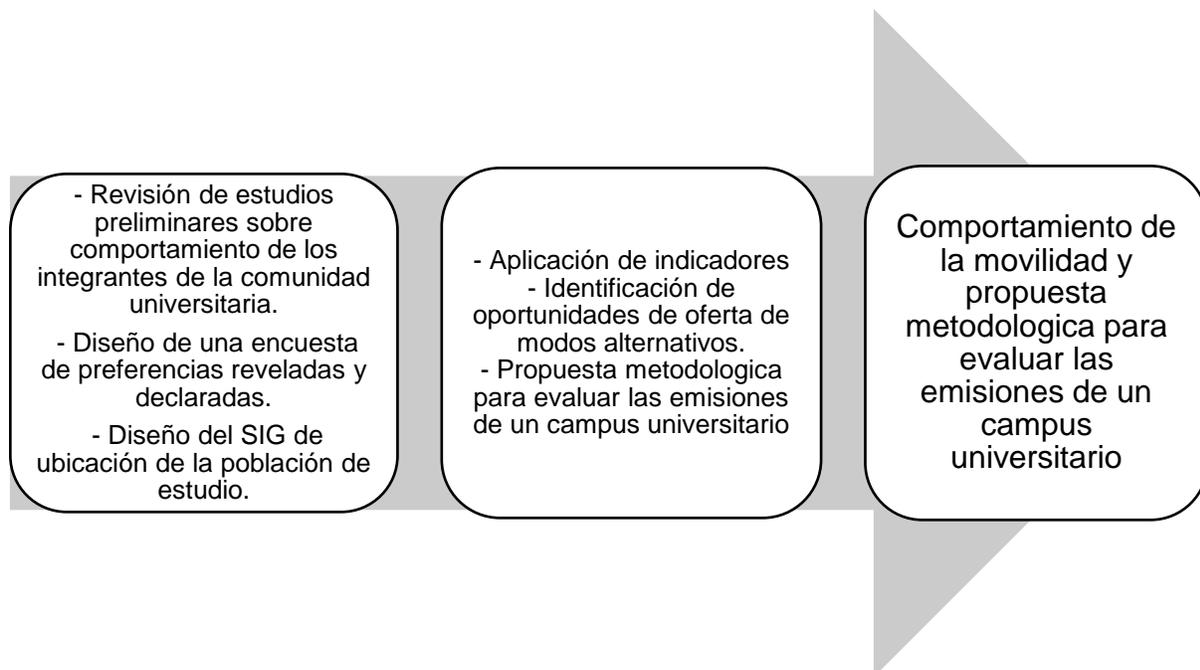


- Las emisiones producidas por el transporte, se ha convertido desde hace mucho tiempo en un problema a nivel global, de las fuentes de emisión interesan en particular aquellas en las que interviene directamente el uso de medios contaminantes, éstas abarcan tanto las instalaciones fijas (fuentes fijas), como los vehículos (fuentes móviles). Todo lo anterior ha sido tomado del documento Plan Integral de Cambio Climático. Ministerio de Minas y energía (2018).

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS

### 3.1 Etapas de la Metodología

A continuación, se describen los procesos realizados para llevar a cabo el desarrollo de un análisis de comportamiento de movilidad del campus universitario Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.



*Ilustración 3 Diagrama metodológico, elaboración propia*

En la primera etapa, se revisa el estudio de movilidad realizado en el año 2017 en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Después, se diseña y aplica una

encuesta de preferencias reveladas y declaradas que busca conocer los aspectos de movilidad cotidiana hacia el campus universitario, y además evalúa el interés por el uso de transportes alternativos como la bicicleta.

La encuesta se encuentra dividida en grupos de interés de clasificación (estudiantes de pregrado, posgrado, docentes y administrativos), a partir de esta, se procesa la información para aplicar los indicadores estadísticos que permitan responder los objetivos específicos planteados en el estudio. La muestra utilizada se calculó considerando un error de 5%, un nivel de confianza de 95%.

La población a la que se le aplicó la encuesta está estructurada de la siguiente forma: Pregrado 3000 estudiantes, muestra estimada 341 encuestas, sin embargo, no se logró el total de encuesta que se requerían y se trabajó 267 que representan un nivel de confianza de 90% aproximadamente. No fue posible aplicar la encuesta a las otras categorías que hacen parte de la comunidad educativa en esta oportunidad.

Como una segunda actividad de la primera etapa se actualizó el SIG de ubicación de la comunidad universitaria, con el fin de conocer las distancias recorridas, para ello, se tuvieron en cuenta las localidades y municipios de la aún no definida área metropolitana de Bogotá.

En la segunda etapa se evaluaron diferentes indicadores que permiten hacer un análisis de la tendencia del comportamiento de la movilidad.



- *Diseño del SIG de ubicación de la población universitaria*

El SIG de ubicación de la población universitaria se elaboró con un total de 5918 direcciones entre estudiantes, empleados y personal de servicios. El anexo 2 muestra la metodología utilizada.

### 3.3 Procesos metodológicos

En este apartado se explica de manera general los métodos que se utilizaron durante el desarrollo del presente trabajo.

- *Modelación estadística de la información e indicadores*

En esta etapa se procede a realizar el análisis estadístico de la información. Para esto, se analiza cada pregunta por separado y se crean tablas de datos de cada una de las respuestas a cada una de las propuestas en la encuesta de movilidad 2020. Además, se define que el análisis estadístico va a contener información organizada por frecuencias relativas, acumuladas, diagramas de torta para analizar las tendencias de los grupos de población en estudio y llegar a obtener así indicadores que permitan llevar a conclusiones que determinen cómo se comportan las zonas de influencia analizadas y su población respecto a movilidad.

- *Análisis de aforos de bicicletas año 2017*

Se hace una propuesta de cómo se pueden estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la promoción del uso de la bicicleta como una alternativa de transporte amigable. Para

ello, se utilizan los datos obtenidos en los aforos realizados en el año 2017 por el Centro de Vías y Transporte. Estos aforos buscaban mostrar la cantidad de bici usuarios en un día, horas pico y horas valle de llegada, capacidad del actual ciclo parqueadero que se tiene. Con ello, se busca identificar mejoras para su promoción e implementación como alternativa de movilidad funcional.

- *Análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub>*

La mayoría de la población del campus realiza su desplazamiento diario a través de servicio público o usando vehículos particulares. Así que, es necesario analizar el material particulado presente para determinar cómo se ve afectada la calidad del aire en el campus universitario. Después de una revisión bibliográfica, se optó por un modelo matemático que se presentó en el *Congreso nacional del medio ambiente de España* que permite analizar a partir de los datos de una encuesta de movilidad, cuales zonas, son las que tienen más cantidad de material particulado presente en el aire, y cuantificar el efecto del uso del vehículo particular en los desplazamientos hacia y desde el campus universitario.

- *Formulación de estrategia conjunta*

Una vez realizados todos los pasos anteriores se busca que se generen varias alternativas como propuestas a la problemática analizada, se sometan a un análisis comparativo de pros y contras y con ello descartar propuestas para finalmente obtener

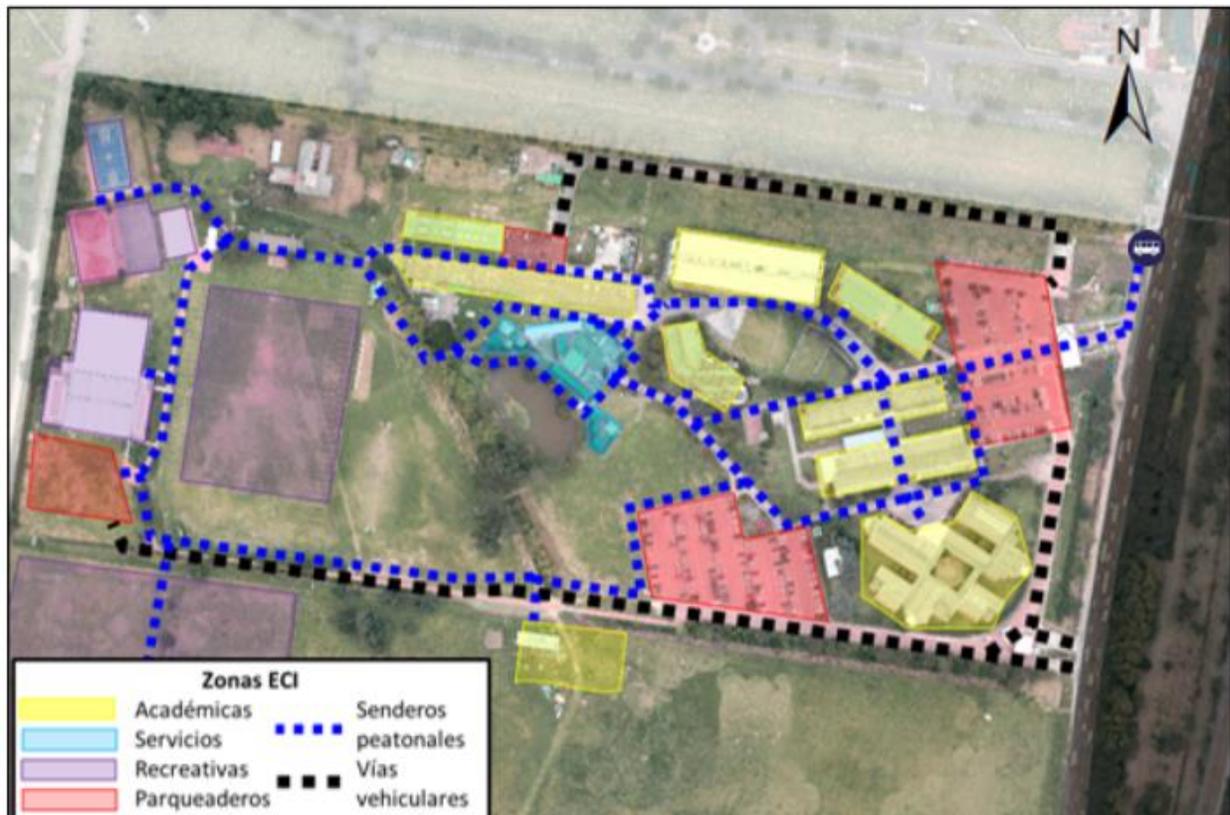


la mejor solución alternativa y así buscar entonces una medida de implementación para que pueda ser aplicada a futuro, se recomienda que, la propuesta escogida cumpla las características para que sea viable, factible económicamente, que tenga un buen criterio ingenieril y lo más importante, que cumpla la característica de ser la que más mitigue el impacto ambiental.

## CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

### 4.1 Caso de estudio

Campus de la Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.



*Ilustración 4 Campus de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Fuente: M., Suárez y M., Ramírez (2017)*

### 4.2 Aplicación de la metodología

#### 4.2.1 Encuesta de movilidad 2020

Para la aplicación de la encuesta se usaron formularios del buscador de internet Google, las preguntas propuestas fueron diseñadas de acuerdo con la encuesta de movilidad de



Edad	Cantidad	Proporción
15-25 años	253	94,8%
26-35 años	13	4,9%
36-50 años	1	0,4%
<b>Total, encuestados</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>

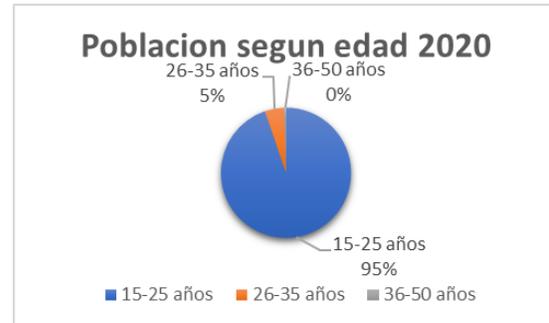


Ilustración 6 Resultados según edad encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia

La tercera pregunta realizada fue ¿Dónde vive usted?, de acuerdo al lugar de residencia de la persona se le ofrecieron dos opciones grandes de selección (Bogotá o municipio), si la persona eligió Bogotá como respuesta se le dio a escoger la localidad donde reside (en Bogotá se tienen veinte localidades), si por el contrario el encuestado reside en un municipio se le dio a escoger en cuál de ellos vive (los municipios incluidos pertenecen al área metropolitana de la ciudad de Bogotá o también denominados municipios aledaños), para un total de 267 encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

Residencia	Cantidad	Proporción
<b>Bogotá</b>	<b>226</b>	<b>85%</b>
<b>Municipios</b>	<b>41</b>	<b>15%</b>
<b>Total, encuestados</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>

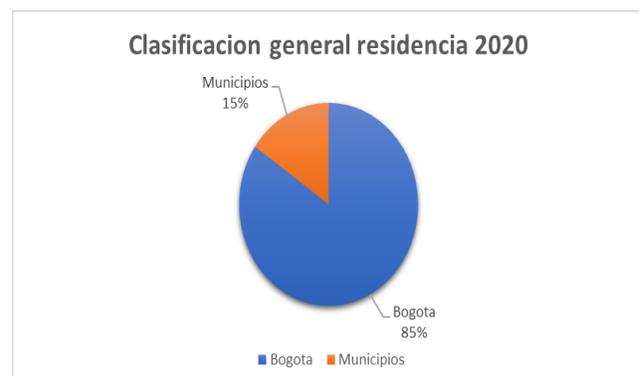


Ilustración 7 Resultados según lugar de residencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia

Tabla 1 Datos estadísticos según residencia por localidad encuesta 2020 ECIJG. Fuente: Propia

Localidad	Cantidad	Proporción
Antonio Nariño	2	0,9%
Barrios unidos	5	2,2%
Bosa	8	3,5%
Chapinero	1	0,4%
Ciudad Bolívar	4	1,8%
Engativá	31	13,7%
Fontibón	10	4,4%
Kennedy	15	6,6%
Los Mártires	4	1,8%
Puente Aranda	7	3,1%
Rafael Uribe Uribe	5	2,2%
San Cristóbal	4	1,8%
Santa fe	2	0,9%
Suba	76	33,6%
Teusaquillo	2	0,9%
Tunjuelito	3	1,3%
Usaquén	47	20,8%
<b>Total, encuestados</b>	<b>226</b>	<b>100%</b>

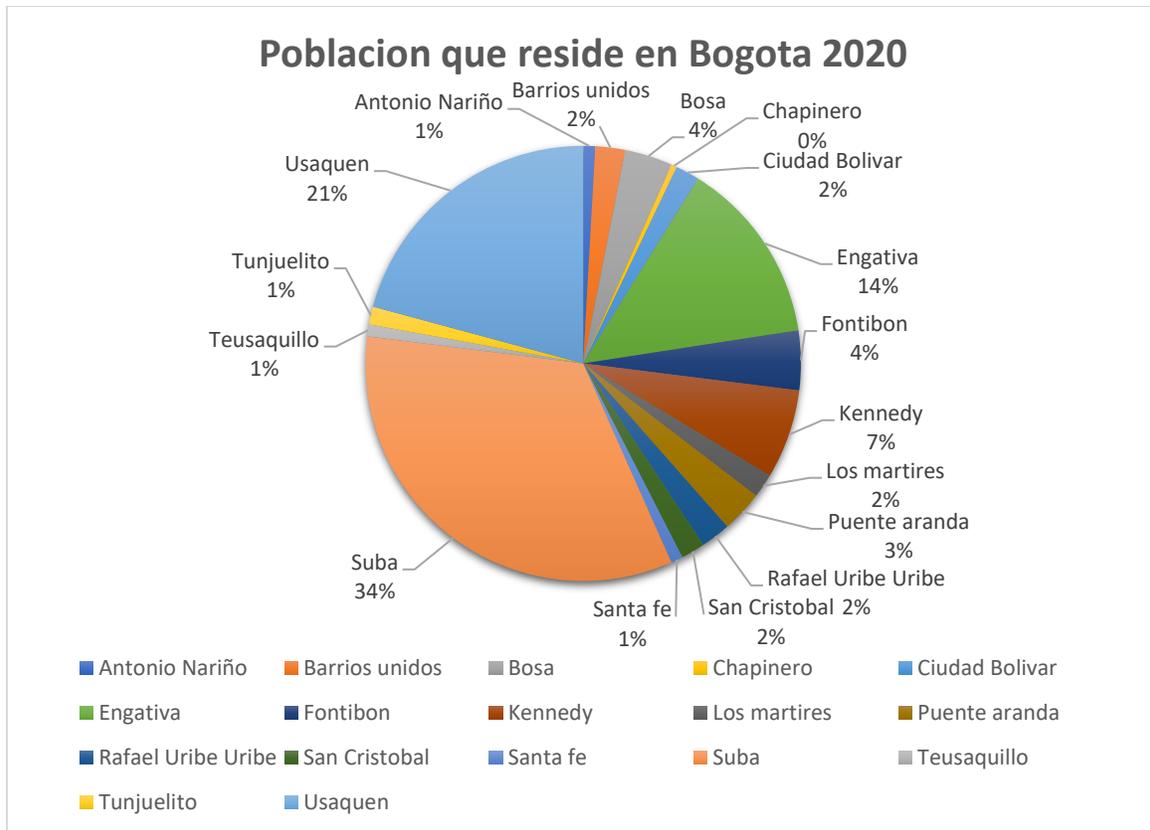
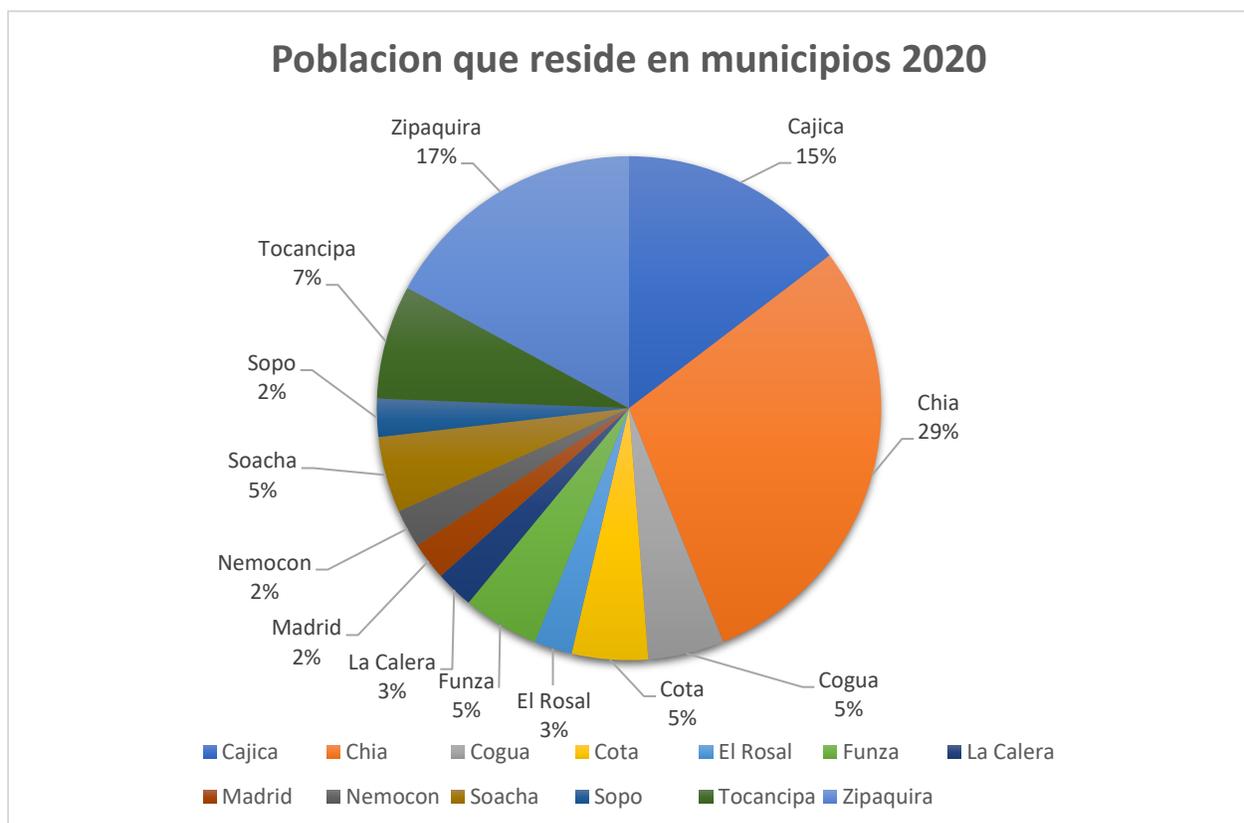


Ilustración 8 Estadísticos obtenidos según localidades de Bogotá encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia

Tabla 2 Residencia según municipio encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia

Municipio	Cantidad	Proporción
Cajicá	6	15%
Chía	12	29%
Cogua	2	5%
Cota	2	5%
El Rosal	1	2%
Funza	2	5%
La Calera	1	2%
Madrid	1	2%
Nemocón	1	2%
Soacha	2	5%

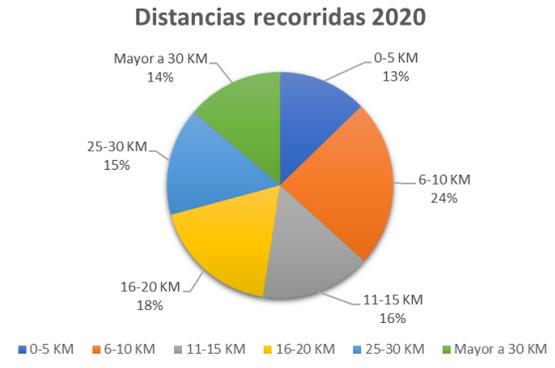
<b>Sopo</b>	1	2%
<b>Tocancipá</b>	3	7%
<b>Zipaquirá</b>	7	17%
<b>Total, encuestados</b>	41	100%



*Ilustración 9 estadísticos de población según residencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

La cuarta pregunta realizada fue ¿Cuál es la distancia en kilómetros entre su residencia y la escuela?, para ello se dieron opciones de rangos de 5 kilómetros con una única opción de respuesta, para un total de 267 encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

Distancia recorrida	Cantidad	Proporción
0-5 KM	34	12,7%
6-10 KM	64	24,0%
11-15 KM	42	15,7%
16-20 KM	49	18,4%
25-30 KM	41	15,4%
Mayor a 30 KM	37	13,9%
<b>Total, encuestados</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>

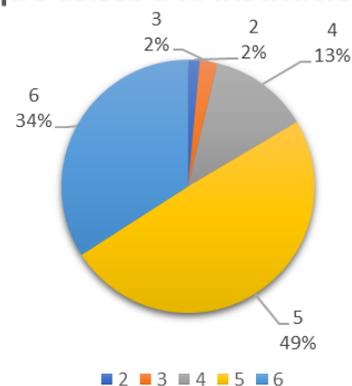


*Ilustración 10 estadísticos obtenidos de distancias encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

La quinta pregunta realizada fue ¿Cuántos días asiste a la escuela?, teniendo en cuenta que los días de estudio en la institución son de lunes a sábado (6 días) se colocó a elección de única respuesta desde un día hasta seis días, para un total de 267 encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

Días que asiste	Cantidad	Proporción
2	4	1,5%
3	6	2,2%
4	34	12,7%
5	132	49,4%
6	91	34,1%
<b>Total, encuestados</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>

**Días que asiste a la institución 2020**



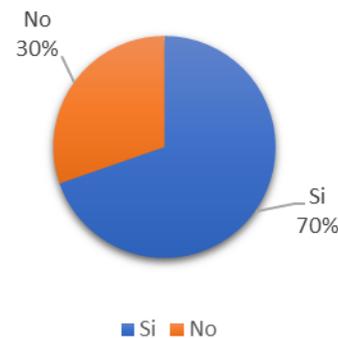
*Ilustración 11 Estadísticos según asistencia encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

La sexta pregunta realizada fue ¿si se tuviera una red de ciclo infraestructura adecuada, utilizaría usted la bici como medio de transporte?, se dio a escoger entre dos opciones

(si y no) con única respuesta, para un total de 267 encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

### Propuesta uso de la bici 2020

Respuesta	Cantidad	Proporción
<b>Si</b>	186	70%
<b>No</b>	81	30%
<b>Total, encuestados</b>	267	100%



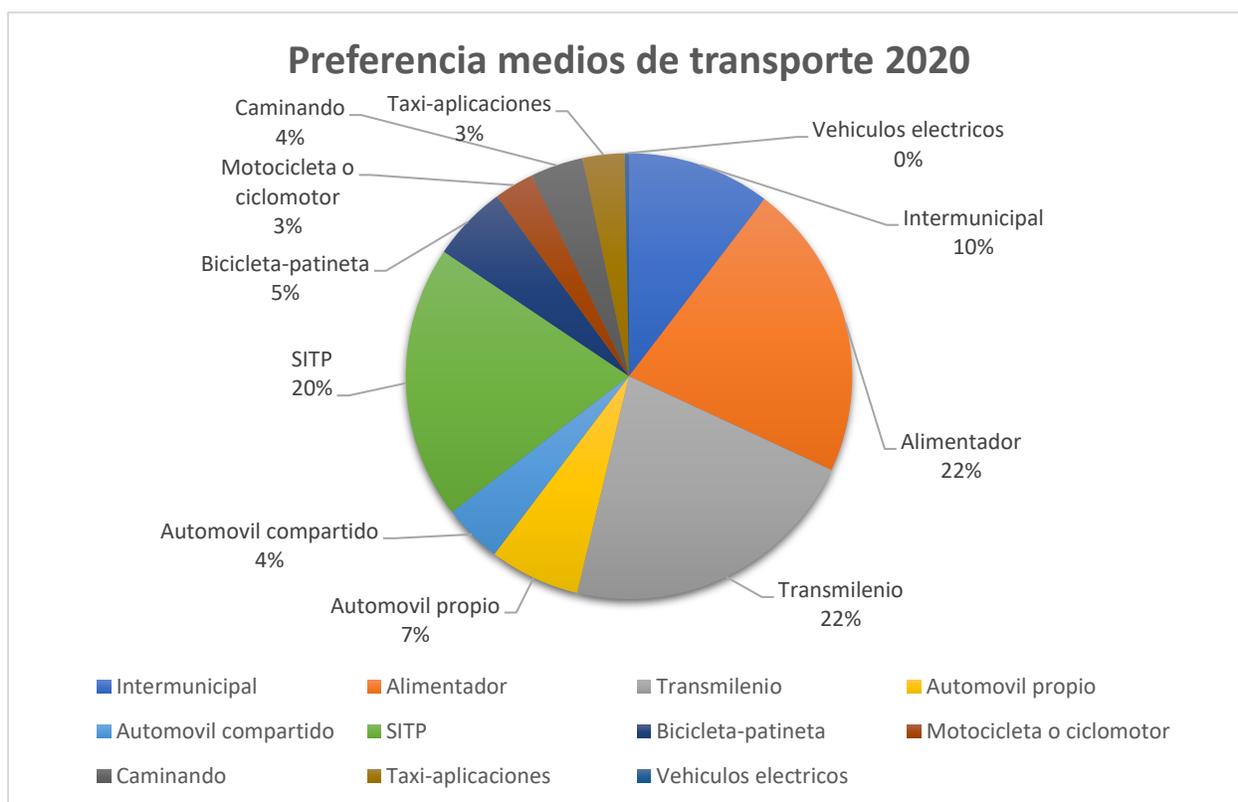
*Ilustración 12 estadísticos obtenidos de aceptación de uso de la bici encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

La séptima pregunta realizada fue ¿en qué medio o medios de transporte se moviliza para llegar a la escuela?, para esta respuesta se dio la oferta de once medios diferentes de transporte, donde podían escogerse uno o varios según el encuestado lo prefiriera, los 267 encuestados realizaron entre todos la elección de 655 casillas entre las respuestas, para ello se realizó un compilado general de los modos de acuerdo con la cantidad de veces que se seleccionó cada una de las casillas de oferta de medios de transporte, se tuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 3 Datos obtenidos de medios de transporte que usa la comunidad encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

Medio	Cantidad	Proporción
<b>Intermunicipal</b>	68	10,4%
<b>Alimentador</b>	141	21,5%
<b>Transmilenio</b>	143	21,8%
<b>Automóvil propio</b>	43	6,6%

<b>Automóvil compartido</b>	28	4,3%
<b>SITP</b>	130	19,8%
<b>Bicicleta-patineta</b>	36	5,5%
<b>Motocicleta o ciclomotor</b>	19	2,9%
<b>Caminando</b>	25	3,8%
<b>Taxi-aplicaciones</b>	20	3,1%
<b>Vehículos eléctricos</b>	2	0,3%
<b>Selecciones</b>	655	100%



*Ilustración 13 Estadísticos de preferencias de medios de transporte encuesta 2020 ECIJG, Fuente: propia*

Finalizado el proceso de encuestado se revisó mediante filtros la información para así detectar inconsistencias, tales como casillas vacías, cruce de información o población que fuera diferente a los estudiantes, para esta ocasión mediante el filtro se eliminó

únicamente la información que se tomó a grupos de interés diferente al de estudiantes de pregrado, ya que no se pudo cumplir con el número de encuestados deseado.

#### *4.2.2 Análisis de los resultados de la encuesta de movilidad 2020 y aplicación de indicadores*

Una vez realizado el compilado general de resultados y filtros de información, se proceden a analizar el comportamiento de los datos para entender la población de estudio, por pregunta se tiene los siguientes análisis por indicador:

Para la primera pregunta se puede observar que predomina el género masculino por una pequeña diferencia porcentual, obteniendo entonces que la comunidad tiende a ser equilibrada en cuanto a cantidad de mujeres y hombres, más adelante se utilizara este indicador para determinar la preferencia de movilidad por género.

Para la segunda pregunta se puede observar que la comunidad estudiantil de pregrado está en el rango de edades entre los 15 a 25 años representando del total de la muestra al 94,8% del total de los encuestados, el porcentaje restante son estudiantes que tienen más de 26 años, esto quiere decir que la comunidad de estudiantes es joven en su mayoría.

Para la tercera pregunta se pueden observar tres comportamientos importantes, como primer indicador se tiene que la mayoría de los encuestados residen en la ciudad de Bogotá y el restante de ellos vive en municipios aledaños, como segundo indicador se

tiene que para aquellos que viven en Bogotá, las localidades que poseen mayor número de personas de la institución son Suba, Usaquén y Engativá, por ende se puede deducir que la mayoría de viajes generados a la escuela provienen en un alto porcentaje de dichas localidades y adicionalmente son puntos de movilidad críticos, pues las poblaciones en general en estas localidades son muy densas, como tercer indicador se tiene que los municipios que más generan viajes con destino a la escuela son los de Zipaquirá, Cajicá y Chía, pues, al ser tan cercanos a la ciudad hacen que mucha gente de allí se interese por asistir a la institución a realizar su proceso de estudio.

Para la cuarta pregunta se puede observar una tendencia de empate en algunas de las respuestas dadas, esto es muy significativo, ya que esto da a conocer que la comunidad no se concentra en una sola zona de la ciudad sino que está repartida de una manera diversa y amplia, lo cual para la generación de viajes es de gran importancia, pues, al buscar que la gente se motive a usar un transporte alternativo amigable como la bici se hace difícil para personas que vivan a más de 10 kilómetros de la institución, ya que aumentaría su tiempo de viaje y pueden verse afectados respecto a sus horas de llegada y salida.

En la quinta pregunta se puede observar que los encuestados asisten a la institución mínimo 2 días y máximo 6, esto se da debido a que las horas presenciales de las asignaturas están en un rango de 3 a 7,5 horas semanales de asistencia, por ende, los casos de asistencia de un solo día son poco comunes.

La sexta pregunta muestra la amplia aceptación al uso de la bicicleta, lo cual indica que la comunidad estaría dispuesta a cambiar su modo de desplazarse a la institución si se llegara a crear una red de ciclo infraestructura adecuada, despertando así un interés común en reducir notoriamente la huella de carbono a la cual aportan al usar transportes poco sostenibles.

La pregunta siete señala las preferencias de la comunidad a la hora de moverse, se tiene como medio preferente el Sistema Transmilenio seguido por el uso de las rutas alimentadoras como complemento de viaje, también hay cierta preferencia por medios como el sistema integrado de transporte público (SITP) y para aquellos que no residen en la ciudad el uso de las flotas intermunicipales.

Adicionalmente se compararon grupos de preguntas con el fin de identificar comportamientos que permitan comprender un poco más algunos aspectos de la movilidad en el campus.

#### *4.2.3 Evaluación de indicadores*

Se calcularon los siguientes indicadores: franjas horarias de mayor demanda de viajes para llegada y salida; viajes por franja horaria y distribución modal por género.

- *Franjas horarias de mayor demanda de viajes para llegada y salida*

Las preguntas: *hora promedio en que llega a las instalaciones de la Escuela y hora promedio en que sale a las instalaciones de la Escuela* permiten conocer las franjas horarias de mayor demanda de viajes.

Las respuestas cubren rangos de 2 horas que van desde las 6:00am hasta las 8:00pm, obteniendo así los siguientes resultados:

*Tabla 4 Hora promedio de llegadas vs salidas encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia*

Hora Promedio de Llegada			Hora Promedio de Salida		
Hora	Cantidad	Porcentaje	Hora	Cantidad	Porcentaje
06:00 - 08:00	121	45%	06:00 - 08:00	1	0%
08:00 - 10:00	116	43%	08:00 - 10:00	2	1%
10:00 - 12:00	24	9%	10:00 - 12:00	5	2%
12:00 - 14:00	2	1%	12:00 - 14:00	12	4%
14:00 - 16:00	1	0,4%	14:00 - 16:00	60	22%
16:00 - 18:00	2	1%	16:00 - 18:00	121	45%
18:00 - 20:00	1	0,4%	18:00 - 20:00	66	25%
Total	267		Total	267	



- En que medios de transporte se va de la Escuela (puede seleccionar varios dados el caso):

- Hora promedio en que llega a las instalaciones de la Escuela

- Hora promedio en que sale a las instalaciones de la Escuela

Las horas promedio se organizaron en franjas horarias de la siguiente forma:

- *Primera franja 6 AM-10 AM:* La primera franja corresponde al intervalo horario que va desde las 6:00am hasta las 10:00am, se agrupó los modos de acuerdo con la cantidad de veces que se seleccionó cada una de las casillas de oferta de medios de transporte, se tuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 5 Porcentaje de viajes, franja 6am-10am encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia*

<b>6am-10am</b>		
<b>Medio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Proporción</b>
<b>Intermunicipal</b>	61	10,8%
<b>Alimentador</b>	123	21,8%
<b>Transmilenio</b>	124	22,0%
<b>Automóvil propio</b>	34	6,0%
<b>Automóvil compartido</b>	26	4,6%
<b>SITP</b>	113	20,0%
<b>Bicicleta-patineta</b>	32	5,7%
<b>Motocicleta o ciclomotor</b>	10	1,8%
<b>Caminando</b>	22	3,9%
<b>Taxi-aplicaciones</b>	17	3,0%
<b>Vehículos eléctricos</b>	2	0,4%
<b>Selecciones</b>	564	100%

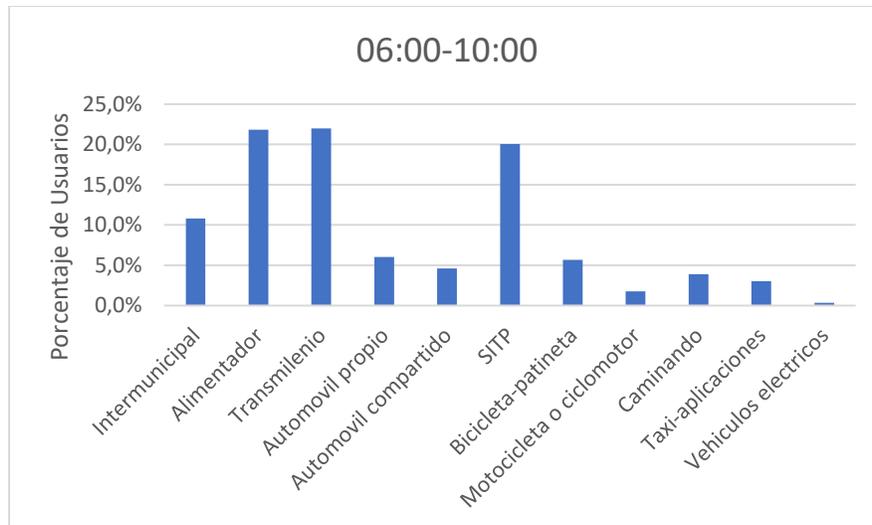


Ilustración 15 Porcentajes de viajes Franja 6:00am-10:00am, Fuente: Propia

- Segunda franja 10 AM-4 PM: La segunda franja corresponde al intervalo horario que va desde las 10:00am hasta las 4:00pm, en la cual se realizó un compilado general de los modos de acuerdo con la cantidad de veces que se seleccionó cada una de las casillas de oferta de medios de transporte, se tuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6 Porcentaje de viajes, franja 10:00am-4:00pm encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia

10am-4pm		
Medio	Cantidad	proporción
Intermunicipal	23	8,7%
Alimentador	59	22,3%
Transmilenio	59	22,3%
Automóvil propio	15	5,7%
Automóvil compartido	10	3,8%
SITP	58	22,0%
Bicicleta-patineta	16	6,1%
Motocicleta o ciclomotor	8	3,0%
Caminando	8	3,0%





- En que medios de transporte se va de la Escuela (puede seleccionar varios dados el caso)

Al igual que en los anteriores análisis se realizó una agrupación general de los modos de acuerdo con la cantidad de veces que se seleccionó cada una de las casillas de oferta de medios de transporte, y al filtrar por género se tuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 8 Distribución modal por género, Hombres Mujeres, encuesta 2020 ECIJG, Fuente: Propia*

Medio	Hombres		Mujeres	
	Cantidad	Proporción	Cantidad	Proporción
Intermunicipal	35	9,10%	33	13,40%
Alimentador	82	21,30%	54	21,90%
Transmilenio	86	22,30%	50	20,20%
Automóvil propio	29	7,50%	12	4,90%
Automóvil compartido	14	3,60%	12	4,90%
SITP	69	17,90%	56	22,70%
Bicicleta-patineta	28	7,30%	7	2,80%
Motocicleta o ciclomotor	15	3,90%	3	1,20%
Caminando	14	3,60%	12	4,90%
Taxi-aplicaciones	11	2,90%	8	3,20%
vehículos eléctricos	2	0,50%	0	0,00%
Selecciones	385	100%	247	100%

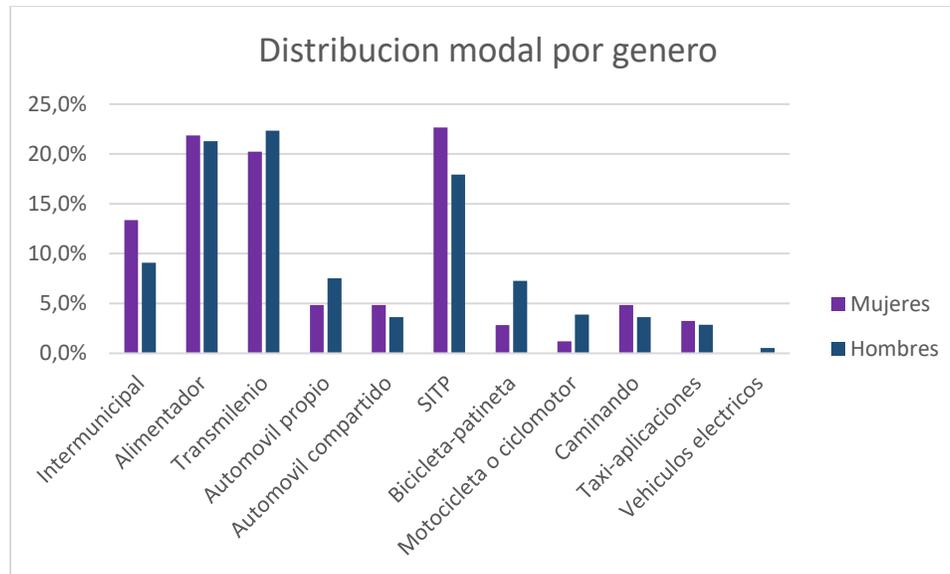


Ilustración 18 Resultados distribución modal por género, Encuesta 2020 ECIJG Fuente: Propia

Los hombres son quienes se mueven de forma más sostenible, esto lo podemos deducir debido a que usan más transporte público y su vez se mueven de forma más amigable con el medio ambiente al usar vehículos eléctricos y bicicleta.

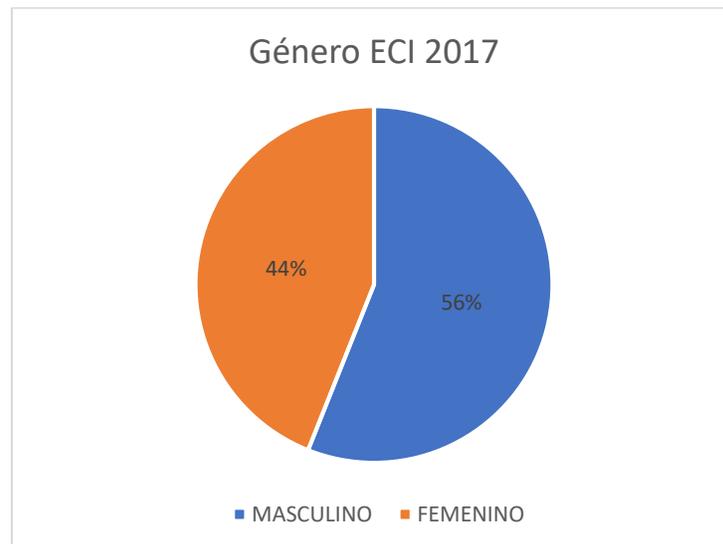
Por otra parte, las mujeres usan más Intermunicipal, esto nos indica que la mayoría de las mujeres encuestadas viven fuera de Bogotá o que también prefieren tomar el intermunicipal como alternativa al alimentador para llegar de la escuela a Portal norte o bien para movilizarse desde algún punto de la avenida Boyacá a la escuela.

Las mujeres encuestadas usan más el SITP que los hombres, esto podría deberse a que se sienten más seguras en SITP que en Transmilenio.

### 4.3 Comparación entre la encuesta de movilidad 2017 y la encuesta de movilidad 2020

Se comparan los resultados obtenidos en la encuesta 2017, y se aplican indicadores de tipo demográfico y de movilidad para visualizar cómo ha evolucionado el comportamiento de la movilidad.

- **Género**



*Ilustración 19 Indicadores de la población según género, Fuente: Encuesta de movilidad 2017*

Comparando con los datos obtenidos en la encuesta 2020 para el indicador de género podemos notar que la población no ha cambiado significativamente por lo cual es oportuno analizar solamente los indicadores relacionados con la movilidad.

- *Uso de la bicicleta*

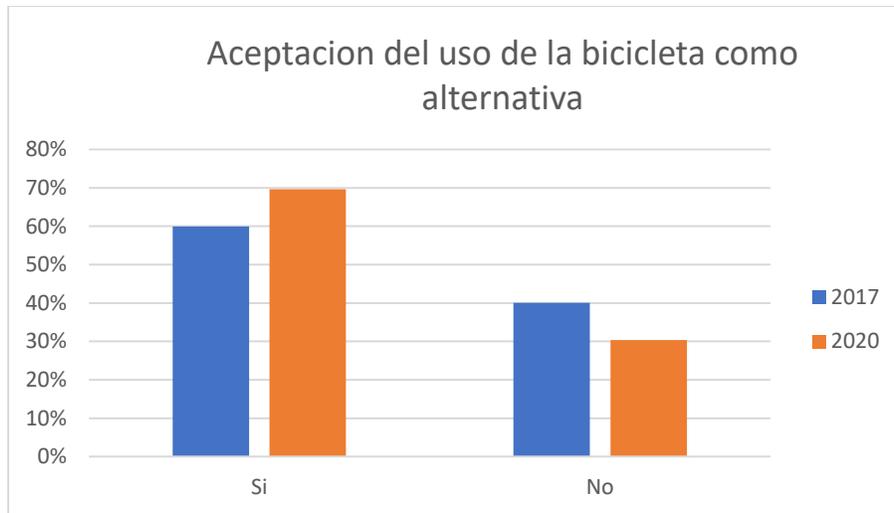
Como bien se sabe la bicicleta es una de las alternativas de transporte más económicas y menos contaminantes, es por esto por lo que se decidió al igual que en 2017 incluir la pregunta:

*- Si tuviera una red de ciclo infraestructura adecuada, ¿utilizaría la bicicleta como medio de transporte?*

Con el fin de analizar cómo ha evolucionado la aceptación del uso de la bicicleta como alternativa de modo hacia una movilidad más sostenible, obteniendo así el siguiente cuadro comparativo:

*Tabla 9 Uso de la bicicleta como alternativa, Fuente: Propia*

Respuesta	2017		2020	
	Cantidad	Proporción	Cantidad	Proporción
Si	323	60%	186	70%
No	216	40%	81	30%
<b>Total, encuestados</b>	<b>539</b>	<b>100%</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>



*Ilustración 20 Aceptación del uso de la bicicleta como alternativa, Fuentes: Propia y Encuesta de movilidad 2017.*

Como lo indica el grafico anterior se evidencia un crecimiento notable en la aceptación del uso de la bicicleta como alternativa de transporte siempre y cuando se cuente con una red de ciclo infraestructura adecuada.

- *Asistencia a las actividades académicas*

Como segundo aspecto a comparar entre los resultados de ambas encuestas se contempló el analizar la asistencia promedio por día al campus de la Escuela, para esto se tomó en cuenta la pregunta:

*¿Cuántos días de la semana asiste en promedio a la Escuela?*

La ilustración 21 muestra cómo ha variado la densidad de estudiantes por día en tres años.

Tabla 10 Asistencia a la institución por días 2017 vs 2020, Fuente: Propia

Días que asiste	2017		2020	
	Cantidad	proporción	Cantidad	proporción
1	15	2,8%	0	0,0%
2	11	2,0%	4	1,5%
3	15	2,8%	6	2,2%
4	39	7,2%	34	12,7%
5	359	66,1%	132	49,4%
6	104	19,2%	91	34,1%
<b>Total, encuestados</b>	<b>543</b>	<b>100%</b>	<b>267</b>	<b>100%</b>

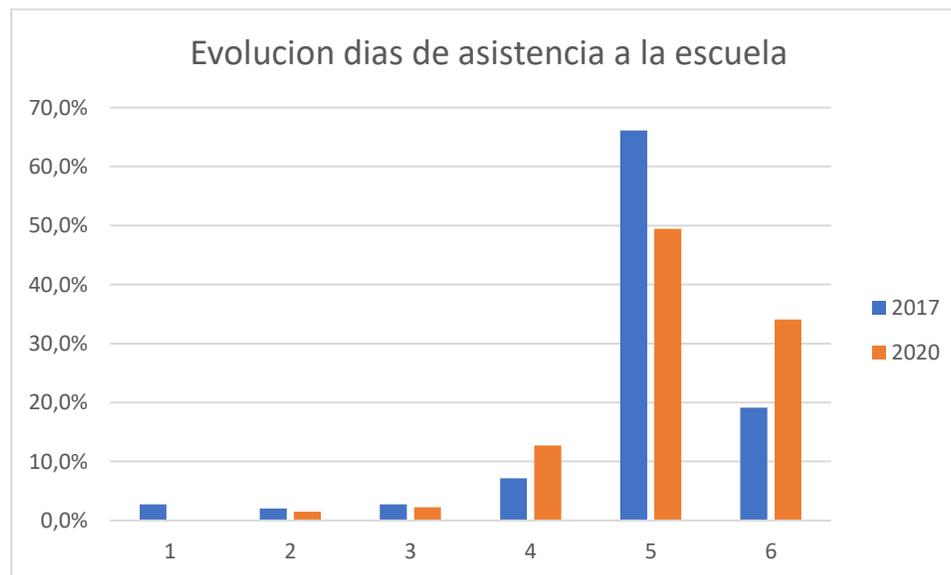


Ilustración 21 Evolución días de asistencia a la escuela 2017 vs 2020, Fuentes: Propia y Encuesta de movilidad 2017.

La ilustración 21 señala que el número de personas que asisten 6 días a la semana se ha incrementado esto quiere decir que la densidad poblacional también se incrementó por día.

- *Evolución de porcentaje de modos de transporte 2017-2020*

Como tercer aspecto a comparar entre los resultados de ambas encuestas se analizó la evolución del uso de los modos de transporte en porcentaje, para esto se tomaron en cuenta las preguntas:

Encuesta de 2017:

- ¿En qué medio de transporte llega a la Escuela?
- ¿En qué medio de transporte se va de la Escuela?

Encuesta de 2020:

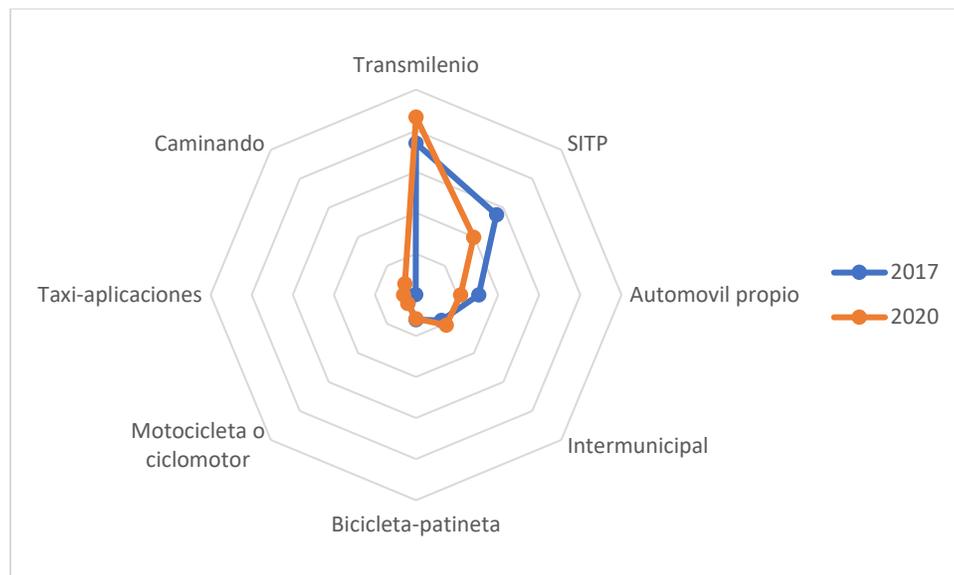
- ¿En qué medios de transporte llega a la Escuela? (puede seleccionar varios dados el caso)

¿En qué medios de transporte se va de la Escuela? (puede seleccionar varios dados el caso)

Para la encuesta de 2020 se realizó una agrupación general de los modos de acuerdo con la cantidad de veces que se seleccionó cada una de las casillas de oferta de medios de transporte, y a su vez se sumaron los valores obtenidos entre Alimentador y Transmilenio; Automóvil compartido y automóvil Propio, con el fin de encontrar en cuales modos ha aumentado el número de usuarios y en cuales ha disminuido:



También cabe mencionar que el número de usuarios de Transmilenio aumento de un 36,9% a un 43,4%, mientras que el número de usuarios de SITP paso de un 27% a un 19,8%.

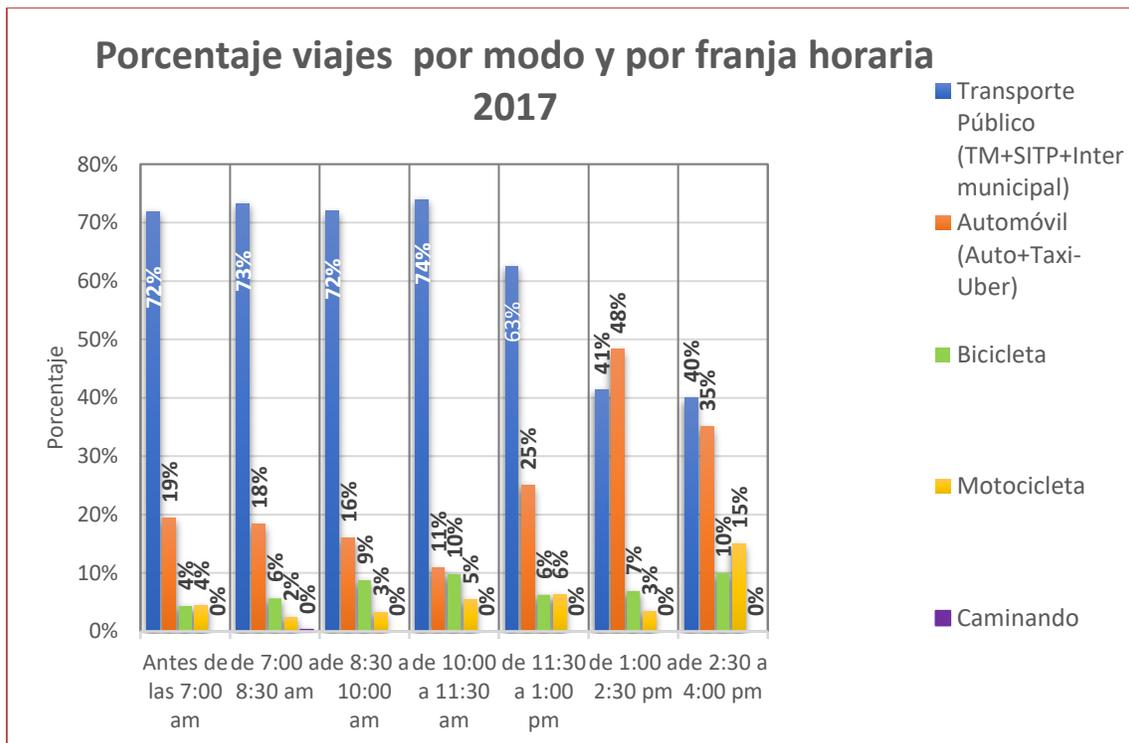


*Ilustración 23 Inclinación hacia un modo de transporte 2017, 2020, Fuente: Propia*

Finalmente se pudo observar que tanto para 2017 como para 2020 el transporte público ha predominado sobre los demás modos de transporte, esto quiere decir que la comunidad de la Escuela Colombiana de Ingeniería se mueve de forma sostenible. Sin embargo, es importante motivar a los que no son usuarios del transporte público a migrar hacia modos de transporte menos contaminantes como los vehículos eléctricos o la bicicleta.

- *Porcentaje de viajes por modo y franja horaria*

A continuación, se muestra una comparación entre el indicador “*Porcentaje viajes por modo y por franja horaria 2017*” y *Porcentaje de viajes por modo y Franja horaria 2020* en donde se ratificó que el transporte público sigue siendo el principal medio asociado a la generación de viajes.



*Ilustración 24 Porcentaje viajes por modo y por franja horaria 2017, Fuente: Encuesta de movilidad 2017*

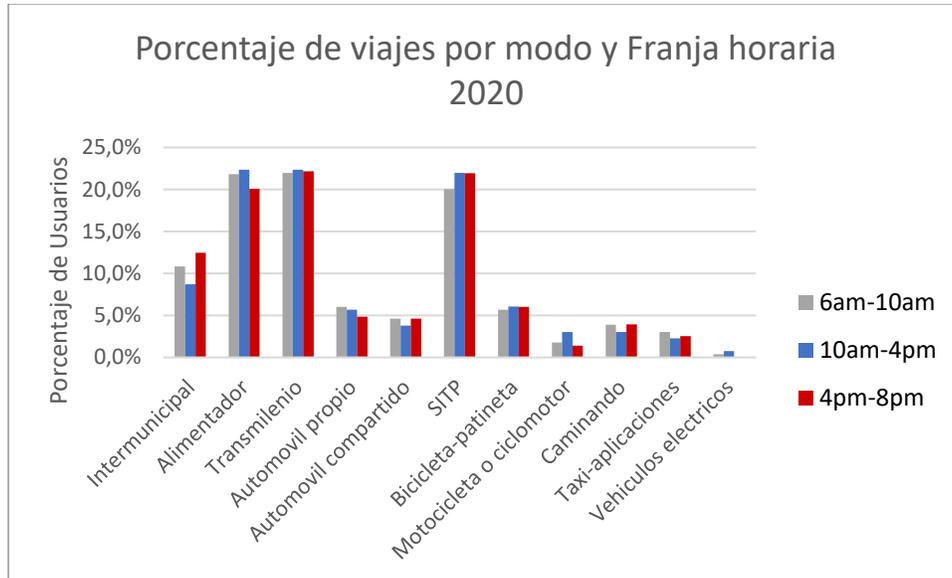


Ilustración 25 Porcentajes de viajes por modo y Franja horaria, Fuente: Propia

## **CAPITULO 5. PROPUESTA SOBRE CALCULO DE EMISIONES EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO**

Un objetivo de este estudio es identificar una metodología que permita evaluar las emisiones que se producen por los desplazamientos a y desde el campus universitario.

Se analizaron dos ejemplos específicos (García F., et al., 2015) en su publicación “*Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas*” señalan que muchos gobiernos no se preocupaban por la sostenibilidad del transporte y las emisiones. Hacen énfasis en que hasta el año 2007 se creó la primera guía sobre el transporte sostenible, a partir de ello crearon su metodología basada en encuestas para conocer la distribución modal, distancias medias diarias recorridas por el personal encuestado y el porcentaje de ocupación de los vehículos con el fin de conocer el consumo energético de combustibles para la universidad de Sevilla, España.

Ellos, realizaron análisis de reparto modal, plazas de parqueo, frecuencias horarias de las rutas que toman los alumnos de dicha institución, aforos de bicicletas y finalmente se propuso una metodología para hacer el inventario ambiental de la huella de carbono, con el fin de evaluar las emisiones producidas por el uso del transporte de la comunidad encuestada y repartida en diferentes transportarse.

En el segundo estudio realizado por la Universidad Central de Venezuela, (Franco, Lilia, 2014) en el artículo (*La movilidad sostenible en campus universitarios: una*

*comparación de las mejores prácticas en Estados Unidos y Europa. Aplicabilidad en Universidades Venezolanas)* propone que las emisiones de CO<sub>2</sub> deben ser reducidas al mínimo proponiendo alternativas de uso de transporte sostenible como lo han incentivado en Europa y Estados Unidos: Este estudio y el anterior de la Universidad de Sevilla tienen en común que el desplazamiento de personas surge por diferentes motivos y es de vital importancia para el desarrollo de centros urbanos, y proponen como solución el uso del transporte público, aumentar la seguridad vial para medios de transporte como la bicicleta y para los peatones en general, el usar vehículos compartidos si se trata de usar el vehículo particular, y una mejor organización por parte de los entes territoriales que manejan el transporte, esto con el fin de que los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> se vean altamente reducidos haciendo ajustes a la movilidad y según lo que posea cada país replantear el uso del transporte existente.

### *5.1 Propuesta de un modelo de evaluación de emisiones*

Con base en lo anteriormente expuesto, se buscó una metodología que fuera para que los encargados de la planificación de la movilidad del campus la puedan aplicar fácilmente. Para poder determinar las emisiones de carbono producidas en un lugar se hace necesario obtener valores de una encuesta de movilidad de personas, esto con el fin de conocer el valor a partir de la cantidad de desplazamientos realizados y en función de cuales medios de transporte usa para hacerlos, para ello se tiene la siguiente fórmula de cálculo directo de emisiones como se realiza en (Metodología para el cálculo de la

huella ecológica en universidades del congreso nacional medio ambiente España,2012)  
que calcula las emisiones en función de los combustibles que se utilizan.

$$Emisiones(KgCO_2) = Consumo(gal) * FactorEmision\left(\frac{KgCO_2}{gal}\right)$$

De dicha ecuación se deben obtener primero los factores de emisión, al ser este estudio relacionado con la movilidad se hace necesario conocer los factores de emisión para combustibles como el Diesel, la gasolina y el GNV, dichos factores se ven en la siguiente tabla, la cual se obtuvo del documento (factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa) de la fundación Natura Colombia:

Tabla 12 Factores de Emisión para los combustibles, Fuente: Fundación Natura Colombia

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN kg CO <sub>2</sub> e/TJ	PODER CALORÍFICO INFERIOR MJ/kg	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	FACTOR DE EMISIÓN kg CO <sub>2</sub> e/Gal
Líquido	ACPM	74869	42.37	869.94	10.45
	Combustóleo	80570	39.28	1020.68	12.23
	Crudo de Castilla	77956	40.60	945.55	11.33
	Diesel Genérico	73920	42.67	869.94	10.39
	Gasolina Genérico	74570	42.44	742.08	8.89
	Kerosene Col.	74077	42.73	833.99	9.99
	Kerosene Genérico	74825	42.35	833.99	10.00
	Oil Crude	79019	39.64	960.00	11.38
Sólido	Bagazo	62615	26.91	No Aplica	1.68
	Carbón Genérico	97257	25.23		2.45
	Fibra Palma de Aceite	94114	20.49		1.93
	Leña	80895	22.78		1.84
	Madera – Genérico	107708	10.72		1.15
Gaseoso	Biogás Central	84627	23.30	No Aplica	1.97
	Coke Gas D	43646	17.67		0.77
	Gas Domaci	55101	33.80		1.86
	Gas Líquido D	65528	108.55		7.11
	Gas Natural Genérico	55101	33.80		1.86
	LNG Genérico	55101	33.80		1.86
	LPG Genérico	65528	108.55		7.11
	LPG Propano	66254	123.88		8.21
	Oil Gas	60707	44.07		2.68

Como ejemplo se toma para el uso del Transmilenio según la cantidad de encuestados, el porcentaje de ellos que usa dicho medio y las distancias que recorren de su hogar a la escuela, para ello también se tiene en cuenta la capacidad de combustible que puede almacenar el vehículo, en este caso dicha capacidad es de 80 galones, se tiene entonces los siguientes resultados:

*Tabla 13 Datos vehículo y cantidad de usuarios que lo usan, Fuente: Propia*

Distancia recorrida	Vehículo	Usuarios encuesta 2020	Usuarios por distancia	Factor de Emisión (kgCO <sub>2</sub> /gal)	Capacidad vehículo (Gal)
0-5 KM	Transmilenio	143	24%	10,45	80
6-10 KM			45%		
11-15 KM			29%		
16-20 KM			34%		
25-30 KM			29%		
Mayor a 30 KM			26%		

A partir de los datos anteriormente definidos y junto con los datos de interés de la encuesta de movilidad respecto a distancias recorridas se procede a calcular el consumo promedio diario en galones de combustible por un solo usuario.

*Tabla 14 Consumos por viaje y diarios de combustible, Fuente: Propia*

Distancia mínima (km)	Distancia máxima (km)	Consumo min diario por viaje (Gal)	Consumo max diario por viaje (Gal)	Consumo promedio diario (Gal)
0	5	0,00	0,06	0,03
6	10	0,08	0,13	0,10
11	15	0,14	0,19	0,16
16	20	0,20	0,25	0,23
25	30	0,31	0,38	0,34
31	>31	0,39	> 0,39	0,35 o mas

Luego se debe calcular el consumo promedio mensual para así conocer emisiones mínimas y máximas diarias y mensuales de kilogramos de carbono.

*Tabla 15 Consumo mensual y emisiones de carbono diarias y mensuales, Fuente: Propia*

Consumo promedio mensual (Gal)	Emisiones min diarias (KgCO <sub>2</sub> )	Emisiones max diarias (KgCO <sub>2</sub> )	Emisiones min mes (KgCO <sub>2</sub> )	Emisiones max mes (KgCO <sub>2</sub> )
0,94	0,00	0,65	0,00	19,59
3,00	0,78	1,31	23,51	39,19
4,88	1,44	1,96	43,11	58,78
6,75	2,09	2,61	62,70	78,38
10,31	3,27	3,92	97,97	117,56
10,31 o mas	4,05	> 4,05	121,48	> 121,48

Usando el porcentaje de usuarios que recorren las distancias propuestas en la encuesta es posible reajustar los datos para obtener los valores reales de acuerdo con el porcentaje total de los usuarios que usan el medio de transporte y así determinar el criterio de consumo tomando como base el método de la Universidad Nacional De Colombia (2014) para clasificar los datos en rangos.

*Tabla 16 Emisiones ajustadas y criterio de consumo, Fuente: Propia*

Emisiones prom mes (KgCO <sub>2</sub> )	Emisiones mes encuestados (KgCO <sub>2</sub> )	Criterio de consumo
9,80	12,13	Bajo
31,35	45,38	Bajo
50,94	65,91	Bajo
70,54	94,71	Bajo
107,77	138,66	Medio
>107,77	>138,66	Medio

De los cálculos obtenidos anteriormente se pueden encontrar que las emisiones se clasifican en bajas y medias, esto se da a que la cantidad de encuestados es poca, para tomar el criterio de dichas emisiones se utilizó la información encontrada en (metodología para la evaluación de aspectos ambientales) realizada por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, la cual utilizó la siguiente tabla para clasificar las emisiones

*Tabla 17 Clasificación de emisiones por escala, Fuente: Metodologías para la evaluación de aspectos ambientales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (2014).*

Escala de valor	Criterio o Rango	Descripción
<b>Muy bajo</b>	≤10,21	Emisiones equivalentes a la quema de 1 galón de Diesel mensual
<b>Bajo</b>	>10,21 y ≤102,1	Emisiones equivalentes a la quema de 1 a 10 galones de Diesel mensuales
<b>Medio</b>	>102,1 y ≤510,5	Emisiones equivalentes a la quema de 10 a 50 galones de Diesel mensuales
<b>Alto</b>	>510,5 y ≤1021	Emisiones equivalentes a la quema de más de 50 a 100 galones de Diesel mensuales
<b>Muy Alto</b>	>1021	Emisiones equivalentes a la quema de más de 100 galones de Diesel mensuales

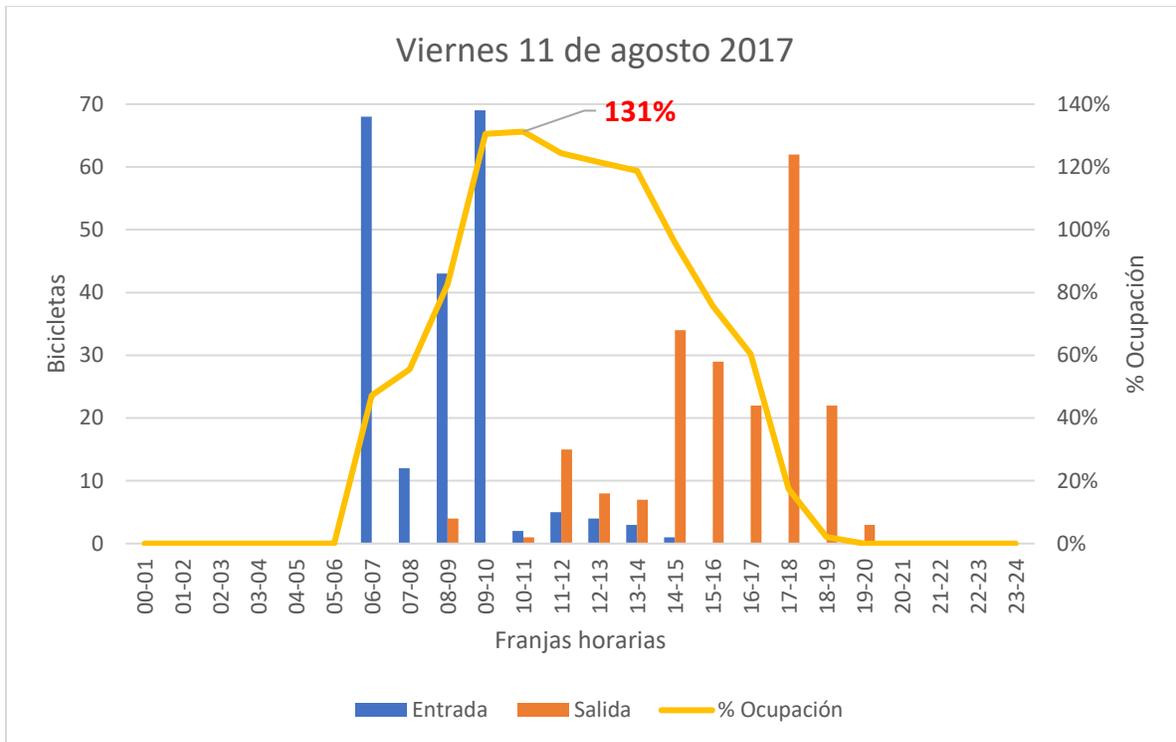
Si se quiere conocer la huella de carbono que produce en un campus se tiene la siguiente fórmula, (tomada de la metodología de cálculo de huella ecológica del congreso nacional de medio ambiente de España):

$$Huella \left( \frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones(TonCO_2)}{CFijación \left( \frac{TonCO_2}{\frac{ha}{año}} \right)} + SuperficieCampus \left( \frac{ha}{año} \right)$$

Para poder usar la anterior expresión matemática se debe conocer la superficie del campus universitario, el valor de emisiones que produce por el uso de vehículo como se y un coeficiente de fijación el cual se debe buscar según el uso del suelo y se relaciona con la retención de biomasa en el campus. Finalmente, es importante usar un modelo de simulación para generar los mapas de calor de acuerdo con los datos que se le ingresen y la simulación del tráfico para conocer la cantidad de carbono que se produce en general.

### *5.2 Propuesta de implementación de modos alternos de transporte*

Con el fin de demostrar la importancia de potenciar los modos alternos de transporte como la bicicleta, se analizó el aforo de bicicletas realizado en 2017 por el Centro de Vías y Transporte para encontrar si la infraestructura actual de parqueaderos es suficiente o se debe adecuar para promocionar el incremento del uso de la bicicleta. Los datos que se presentan en la ilustración 26 corresponden al viernes 11 de agosto de 2017 y se obtuvo lo siguiente:



*Ilustración 26 Aforos y porcentajes de ocupación para bicicletas del día 11 de agosto de 2017, Fuente: Aforos realizados por el Centro de Vías y Transporte (2017)*

Como se observa los usuarios de este modo de transporte que llegan después de las 9 a.m. no encuentran parqueaderos disponibles, en ese horario, ya se supera el 100% del área asignada (parqueadero totalmente sin cupos) hasta en un 31% de su capacidad real. La solución parcial que se brinda consiste en utilizar el espacio destinado para una bicicleta, para dos o más bicicletas, por lo cual, es necesario ampliar el área disponible de parqueadero para este medio de transporte.

Al hablar de emisiones en este caso se hace entonces necesario readecuar los espacios destinados de infraestructura existentes para dicho medio, ya que se si se busca el uso



de transportes más sostenibles se debe tener espacio para que puedan ser parqueadas adecuadamente las bicicletas.

Este estudio debe realizarse también para otros medios de transporte que puedan llegar a los campus universitarios y así encontrar los diferentes comportamientos y porcentajes de ocupación que se deseen para futuros estudios.

## CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El modo de transporte más utilizado para llegar a la Universidad en la hora pico de la mañana es el transporte público que incluye los buses intermunicipales tradicionales, el SITP y Transmilenio a través del servicio de Alimentadores.
- Al no existir infraestructura para bici usuarios o peatones que conecte el campus con las zonas residenciales, la población objeto de estudio prefiere tomar otras alternativas más seguras.
- Para poder determinar con mayor exactitud las emisiones de carbono producidas en función de los viajes que realizan las personas, se hace necesario hacer unos aforos a gran escala del conteo de pasajeros que se bajan de los buses y teniendo en cuenta la ruta que usaron, para así poder entender mejor los orígenes y destinos críticos en el ámbito de emisiones.
- Si se quisiera conocer a gran escala cómo se comportan las emisiones en general se hace necesario calcularlas para todos los medios de transporte que use la comunidad y así se encontrara a detalle la huella de carbono mediante el uso de herramientas computacionales, ya que el volumen de datos a tratar es bastante extenso.

- El método de análisis colectivo de Datos presentado en este documento es de gran utilidad siempre y cuando se maneje una base de datos muy grande ya que ahorra mucho tiempo de trabajo.

### *Recomendaciones para futuros estudios*

- Debido a que no se pudieron realizar aforos tanto vehiculares como de bicicletas se hace importante que en los futuros estudios donde se necesiten aforos vehiculares, peatonales y de bici usuarios se realicen siguiendo la metodología empleada en la encuesta movilidad de 2017 y se genere una encuesta de preferencias declaradas más extensa.
- Es necesario que se realicen estudios enfocados únicamente en los bici-parqueaderos del campus debido a que es evidente que la infraestructura existente ya rebasa su límite de capacidad.



*Ilustración 27 Bici-parqueadero principal de la Escuela Colombiana de ingeniería en un día típico, Fuente: Propia*



## BIBLIOGRAFÍA

Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas (Francisco Lucas-García, Jesús Racero-Moreno, Cristina Torrecillas, José Manuel García-Sánchez) artículo 2015

Bogotá Como Vamos, (2019). Preocupa crecimiento de parque automotor en Bogotá.

Carme Miralles-Guasch (2009), De Universidad-Campus, Aislada Y Suburbana, Polo Metropolitano Del Conocimiento. El Caso De La Universidad Autónoma De Barcelona

López, N., (2012). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. Congreso del Medioambiente. Universidad de Compostela. España.

Franco C Lilia, La movilidad sostenible en campus universitarios: una comparación de las mejores prácticas en Estados Unidos y Europa. Aplicabilidad en universidades venezolanas, Rev. Fac. Ing. UCV vol.29 no.2 Caracas jun. 2014.

García Francisco, Racero Jesús, Torrecillas Cristina y García José (2015), Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas, universidad de Sevilla, Sevilla: España.

GPSVisualizer (2019), <https://www.gpsvisualizer.com/elevation>

Instituto de Investigaciones Parlamentarias. (2018). Diagnóstico de movilidad en la Ciudad en México: El impacto del crecimiento vehicular Liman, et al. (2009). Algunas particularidades de la movilidad urbana. Victoria Cannda.

Ministerio de Minas y energía (2018). Plan Integral de Cambio Climático

Plan de Movilidad Sostenible de los Campus Nord y Sud de la UPC (Francesc Robusté • Miquel Estrada • Demelsa Cuscurita • Verónica Uribe • Jordi Amat • Clara Corbella) este documento es un informe final de un plan

Suárez, Mónica., y Ramírez, M., Caracterización de la movilidad del campus universitario escuela colombiana de ingeniería julio Garavito, 2017.

Oficina de Gestión Ambiental. (2014). Metodologías para la evaluación de aspectos ambientales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

## ANEXO 1

### *ENCUESTA DE MOVILIDAD 2020, FUENTE: GOOGLE FORMULARIOS*

1. Años cumplidos: (Marca solo una respuesta)

- 15-25 años
- 26-35 años
- 36-50 años
- Mayor a 50 años

2. Género: (Marca solo una respuesta)

- Masculino
- Femenino

3. En la Escuela, usted forma parte de la comunidad como: (Marca solo una respuesta)

- Profesor de planta
- Profesor de cátedra
- Administrativo
- Estudiante de pregrado
- Estudiante de posgrado
- Visitante

- Empleado contratista (Seguridad, Cityparking, Servicios generales, entre otros)
  - Padre de familia
4. Si vive en Bogotá seleccione a continuación la localidad en que reside: (Marca solo una respuesta)
- Usaquén
  - Chapinero
  - Santa Fe
  - San Cristóbal
  - Usme
  - Tunjuelito
  - Bosa
  - Kennedy
  - Fontibón
  - Engativá
  - Suba
  - Barrios Unidos
  - Teusaquillo
  - Los Mártires
  - Antonio Nariño
  - Puente Aranda
  - La Candelaria
  - Rafael Uribe
  - Ciudad Bolívar
  - Sumapaz
5. Si vive en un municipio, seleccione en el que reside (Marca solo una respuesta)
- Bojacá
  - Cajicá
  - Chía
  - Cogía
  - Cota
  - El Rosal
  - Facatativá
  - Funza
  - Gachancipá
  - La Calera

- Madrid
  - Mosquera
  - Nemocón
  - Soacha
  - Sibaté
  - Sopo
  - Subachoque
  - Tabio
  - Tenjo
  - Tocancipá
  - Zipacón
  - Zipaquirá
6. En que medios de transporte llega a la escuela (Puede seleccionar varios dados el caso)
- Transmilenio
  - SITP
  - Alimentador
  - Intermunicipal
  - Taxi-Aplicaciones de Transporte
  - Automóvil Propio
  - Automóvil compartido
  - Motocicleta o ciclomotor
  - Vehículos eléctricos
  - Bicicletas-Patinetas
  - Caminando
7. En que medios de transporte se va de la escuela a su destino (Puede seleccionar varios dados el caso)
- Transmilenio
  - SITP
  - Alimentador
  - Intermunicipal
  - Taxi-Aplicaciones de Transporte
  - Automóvil Propio
  - Automóvil compartido
  - Motocicleta o ciclomotor

- Vehículos eléctricos
  - Bicicletas-Patinetas
  - Caminando
8. Seleccione el total de kilómetros diarios que recorre entre la Escuela y su residencia: (Marca solo una respuesta)
- 0-5 Kilómetros
  - 6-10 Kilómetros
  - 11-15 Kilómetros
  - 16-20 Kilómetros
  - 25-30 Kilómetros
  - 31 kilómetros en adelante
9. ¿En qué rango se encuentran sus gastos diarios en transporte público? (Marca solo una respuesta)
- Menos de \$5.000
  - \$5.001-\$10.000
  - \$10.001-\$15.000
  - Mas de \$15.001
10. ¿Está conforme con el precio del transporte público?
- Si
  - No
11. ¿Cuántos días tiene a la semana tiene que asistir a la Escuela?
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
12. En caso de que usted use vehículo particular, ¿con cuántas personas comparte el vehículo? (si no viaja en vehículo particular seleccione la opción “No”. Usted no cuenta como 1 persona, es decir, si usted comparte su vehículo con alguien más seleccione la opción “1”)

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- No

13. ¿Estaría dispuesto a llevar a alguien más en su vehículo particular?

- Si
- No
- No uso vehículo particular

14. Hora promedio en que llega a las instalaciones de la Escuela

- 06:00-08:00
- 08:00-10:00
- 10:00-12:00
- 12:00-14:00
- 14:00-16:00
- 16:00-18:00
- 18:00-20:00

15. Hora promedio en que sale de las instalaciones de la Escuela

- 06:00-08:00
- 08:00-10:00
- 10:00-12:00
- 12:00-14:00
- 14:00-16:00
- 16:00-18:00
- 18:00-20:00

16. ¿Cuánto tiempo emplea en llegar a la Escuela desde su residencia?

- Menos de 30 minutos
- De 30 minutos a 1 hora
- De 1 hora a 1 hora y 30 minutos
- De 1 Hora y 30 minutos a 2 horas
- Mas de 2 horas

17. ¿Cuánto tiempo emplea en llegar a su residencia desde la escuela?

- Menos de 30 minutos
- De 30 minutos a 1 hora
- De 1 hora a 1 hora y 30 minutos
- De 1 Hora y 30 minutos a 2 horas
- Mas de 2 horas

18. ¿Cuántos trasbordos realiza generalmente en su recorrido hasta la Escuela?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- Mas de 4

19. ¿Cuántos trasbordos realiza generalmente en su recorrido hasta su residencia?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- Mas de 4

20. Si existieran mejores opciones de infraestructura o modos de transporte, ¿estaría dispuesto a cambiar el modo que emplea actualmente?

- Si
- No

21. ¿Cree usted que los modos de transporte actuales son suficientes para desplazarse desde/hacia su localidad/municipio?

- Si
- No

22. Si existiera un sistema de rutas que transportara únicamente a la comunidad de la Escuela, ¿usted lo usaría?

- Si
- No

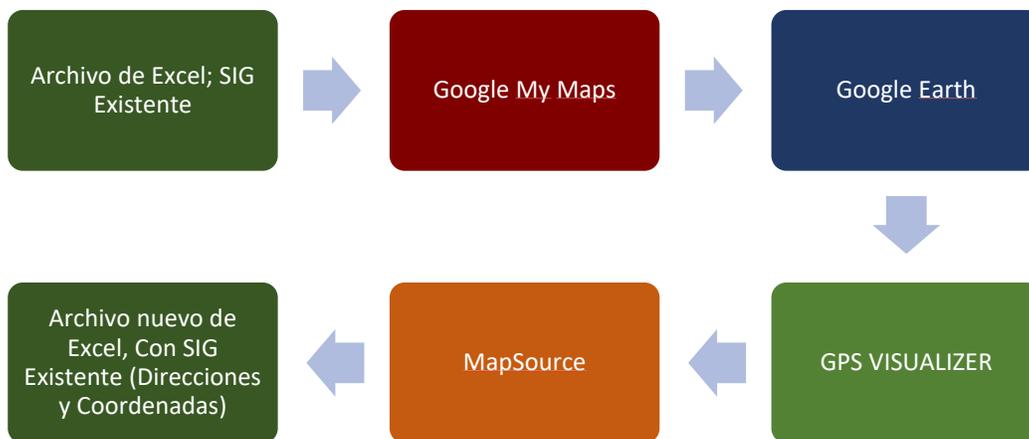
23. Si tuviera una red de ciclo infraestructura adecuada, ¿utilizaría la bicicleta como medio de transporte principal?
- Si
  - No

## ANEXO 2.

### *Metodología para la generación de sistema de información geográfica SIG de ubicación*

#### 1. Metodología para el tratamiento colectivo de direcciones:

Este estudio tiene como fin principal presentar la *metodología para el tratamiento colectivo de direcciones* mediante una guía de pasos a seguir cuyo objetivo es la obtención de coordenadas geográficas utilizando como base un libro de Excel con las direcciones de la comunidad de la Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito, así como también usando algunas herramientas y aplicaciones de georreferenciación. El siguiente diagrama resume la metodología propuesta:



*Ilustración 28 Resumen de la metodología paso a paso para el tratamiento colectivo de direcciones, Fuente: Propia*

1. El primero paso es crear un filtro en la columna que contiene la lista de municipios con el fin de separar las direcciones que consideremos útiles según la necesidad del estudio.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Dir_corr	nom_ciudad						
2	CALLE 42 f SUR # 87 B-18	LA MESA						
3	CALLE 8 N 25A-42 \$	LA MESA						
4	CALLE 5 #18-11 PISO 3 \$	LA MESA						
5	CALLE 7 17 29	LA MESA						
6	Cll 12a # 71b-61 torre 6 apto 103	LA MESA						
7	INSPECCIÓN SAN JOAQUIN TRANSVERSAL 6 N° 2-35 \$	LA MESA						
8	CARRERA10N11-15 \$XXXXX	VILLA DE LEIVA						
9	Calle 6 12-58	MIRAFLORES						
10	SAN JOSE BAJO \$	EL COLEGIO						
11	Calle 22d número 93-16 Casa 75	EL COLEGIO						
12	Carrera 12 D #18 73 sur	EL COLEGIO						
13	SUTATAUSA CUNDINAMARCA N/D	SUTATAUSA						
14	CALLE 4 #1-59	SUTATAUSA						
15	VEREDA CONCUVIA \$N/D	SUTATAUSA						
16	CLL 13 #4-19 SABREGO	OCAVA						
17	CRA 20 NRO 15 -77 \$	QUIBDO						
18	CALLE 15 # 10 - 30 BLOQUE 1 CASA 6 \$	FUNZA						
19	CL 17 NO 16-38 CASA 121/FUNZA/CUND \$	FUNZA						
20	CARRERA 8 NO. 6A - 01 CASA 37 \$	FUNZA						
21	AVENIDA 12 N 19 50 BARRIO LA AURORA \$	FUNZA						
22	CLL 13 # 2-42 \$	FUNZA						
23	CALLE 10A #15 27 \$	FUNZA						

Ilustración 29 SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Fuente: SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

- Para este caso las direcciones necesarias son las que pertenecen a Bogotá y las ciudades dormitorio, por lo cual se organizaron de la A a la Z y se copiaron en una nueva hoja.



Direccion	Ciudad
AUTOPISTA MEDELLIN KM 14 PUENTE DE	MADRID
AUTOPISTA MEDELLIN KM11.5 VER. LA PUNTA	TENJO
AUTOPISTA NORTE KM 25 SOFROPOLIS	CHIA
AUTOPISTA NORTE KM 27 CS 14	CHIA
AVENIDA 1 DE MAYO TRANSVERSALV 72 N # 35 - 20	BOGOTA
AVENIDA 12 N 19 50 BARRIO LA AURORA	FUNZA
AVENIDA 12 SUR NO. 20-85	BOGOTA
AVENIDA 15 17 128	CHIA
AVENIDA 19#145-29	BOGOTA
AVENIDA 23 N° 10-05	ZIQAQUIRA
AVENIDA 7 #190-53	BOGOTA
AVENIDA 9 # 184 - 85	BOGOTA
AVENIDA AMERICAS # 75-43	BOGOTA
AVENIDA BOYACA #142A-55 BICENTENARIO2 603	BOGOTA
AVENIDA BOYACA CARRERA a #130-46	BOGOTA
AVENIDA BOYACA CARRERA A 128B 65	BOGOTA
AVENIDA BOYACA CARRERA A NO142A 55 APT 603 BI	BOGOTA
AVENIDA CALI # 89 - 24 2DO PISO	BOGOTA
AVENIDA CALLE 116 # 55C-40 N/A	BOGOTA
AVENIDA CALLE 130C 59D 75 TORRE 2	BOGOTA
AVENIDA CALLE 132#100A-39	BOGOTA
AVENIDA CALLE 145 #89 A 29 INTA	BOGOTA

Ilustración 31 SIG de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito con direcciones normalizadas. Fuente: Propia

- Una vez se realizó realizado el paso anterior, el archivo se guardó como libro de Excel (\*.xlsx), con el fin de que pueda ser utilizado en Google My Maps como una nueva Capa. (*Google My Maps es un servicio de Google que permite a los usuarios crear mapas personalizados para uso propio*)

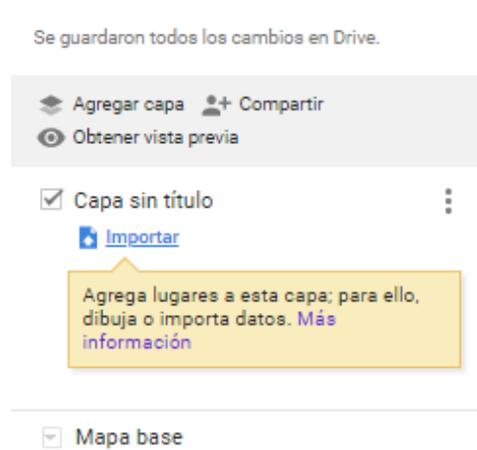


Ilustración 32 Ejemplo de creación de capa en My Maps, Fuente: Google My Maps

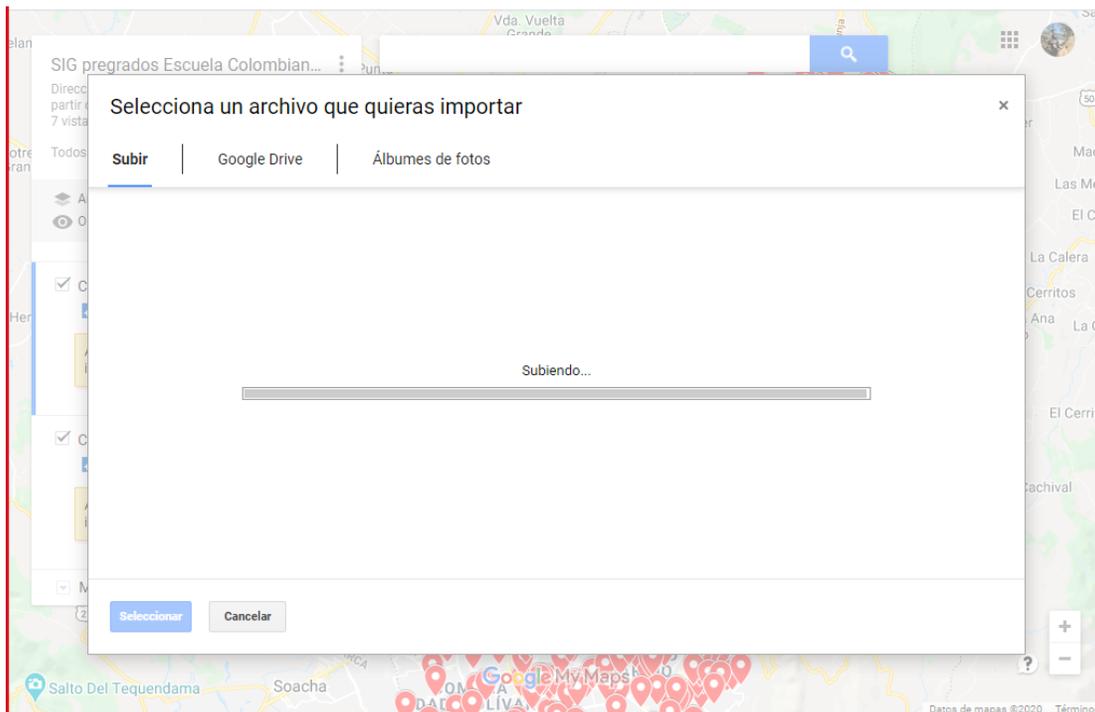


Ilustración 33 Cargue de datos en Google My Maps, Fuente: Google My Maps



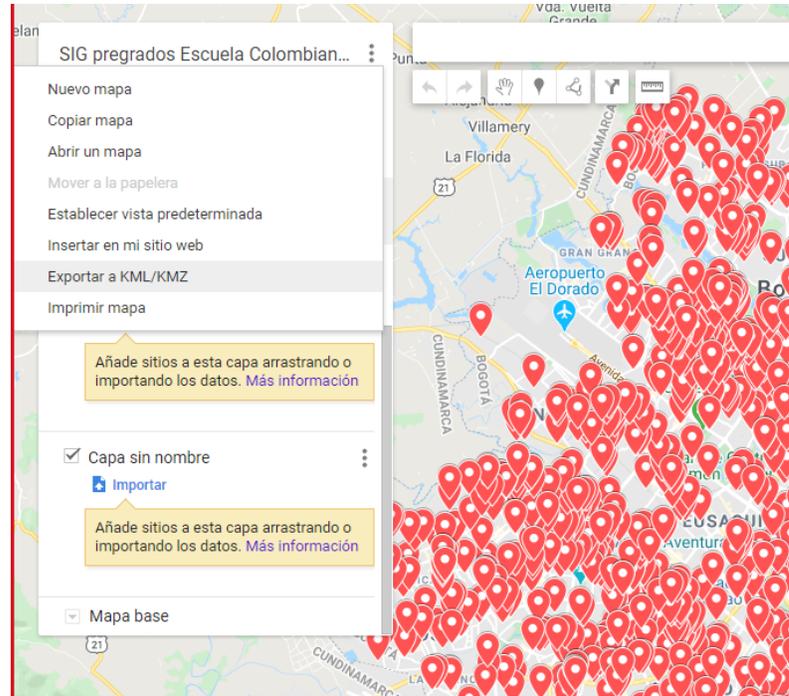


Ilustración 36 Ejemplo de exporte de una capa a KMZ, Fuente: Google My Maps

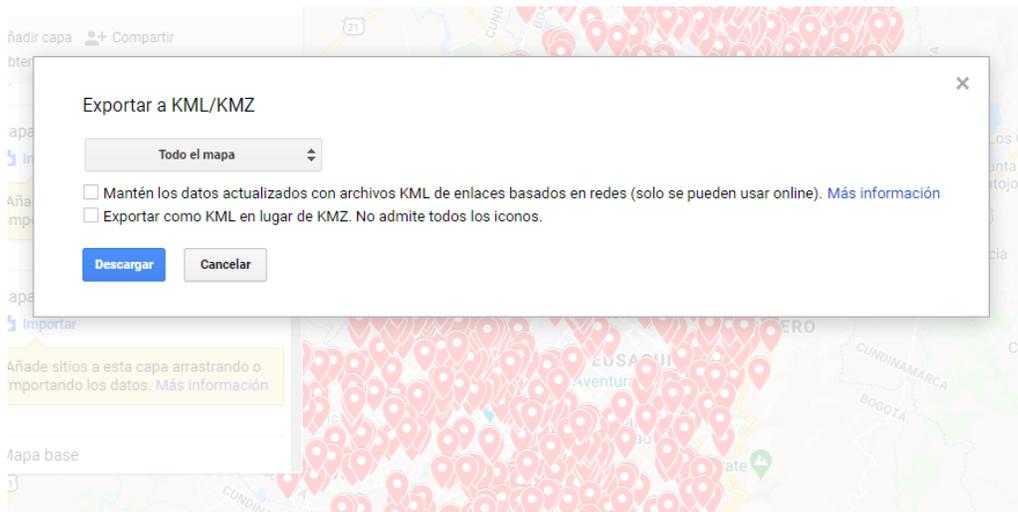


Ilustración 37 Menú de exportación de capa a KMZ, Fuente: Google My Maps

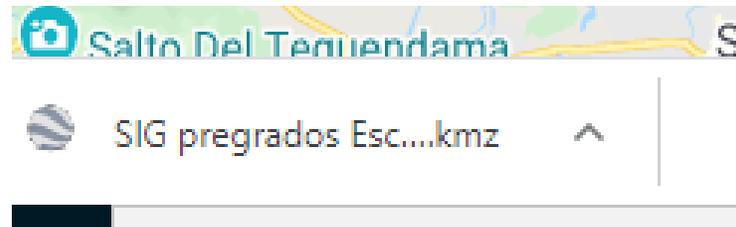


Ilustración 38 Capa resultante KMZ, Fuente: Propia

7. El siguiente paso consistía en abrir la capa en Google earth y a través de este cambiar las coordenadas de la capa a el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (en inglés *Universal Transverse Mercator*, UTM)

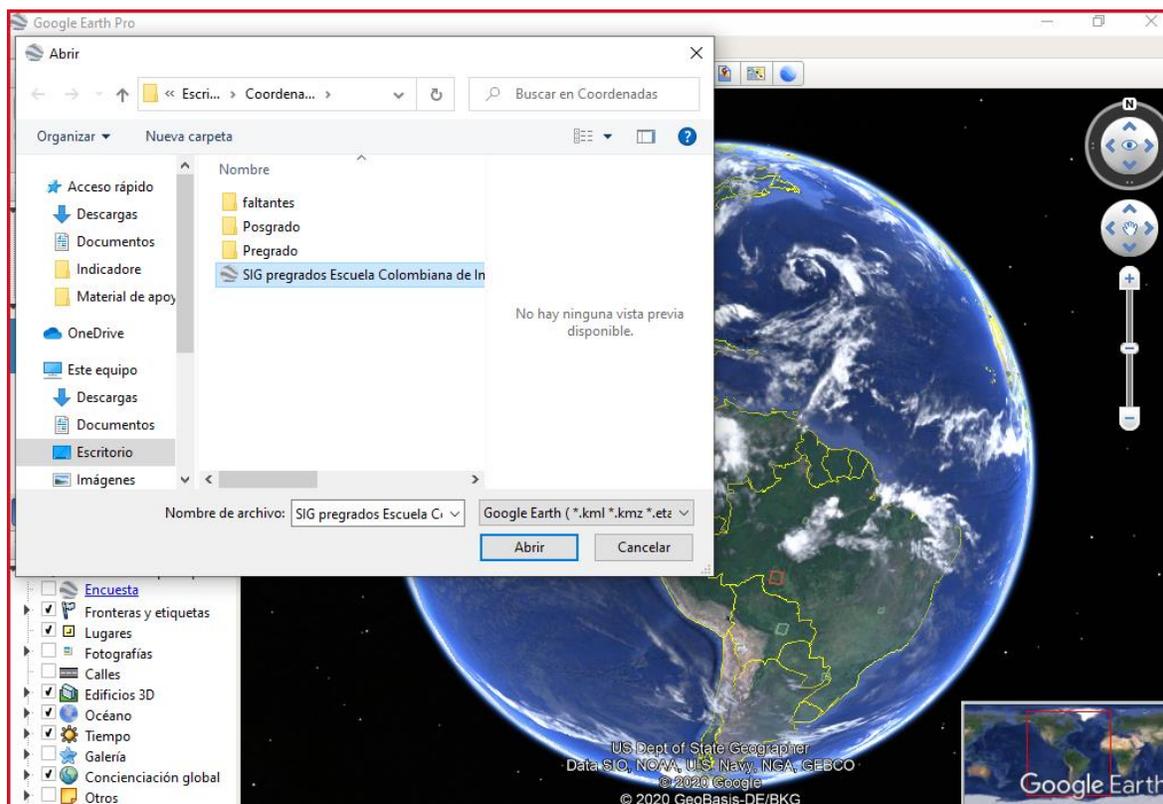
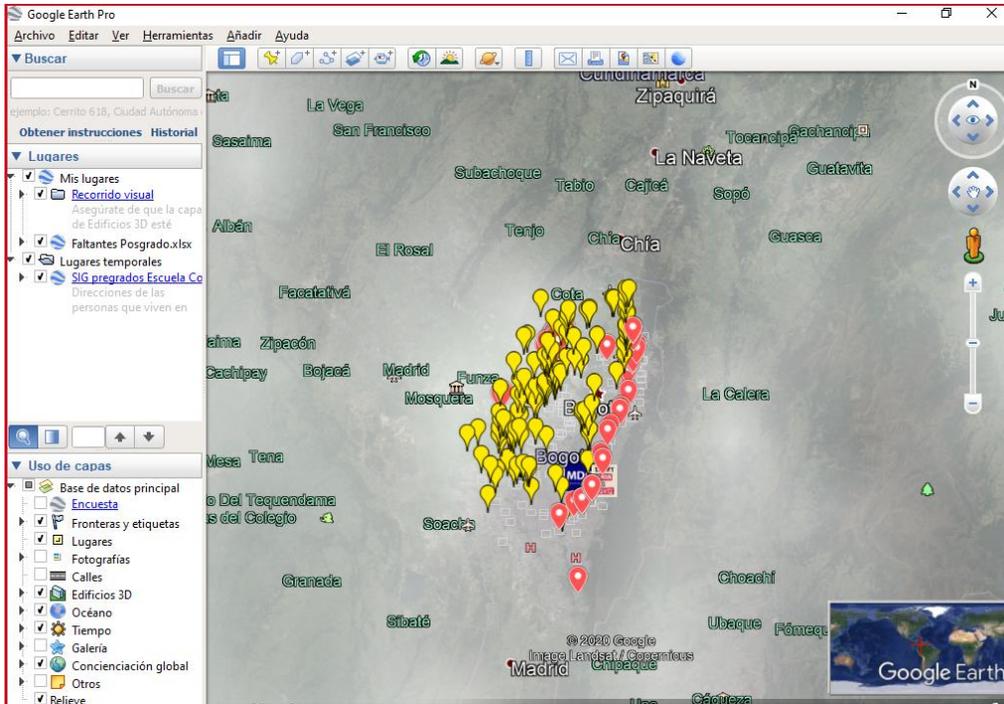
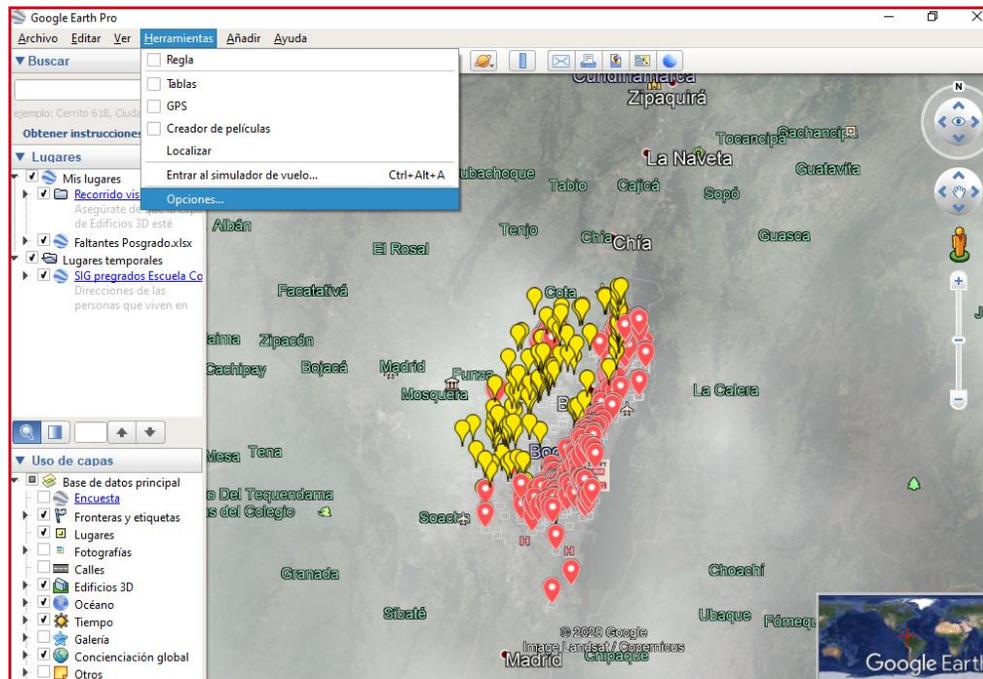


Ilustración 39 Cargue de capa en Google Earth, Fuente: Google Earth



*Ilustración 40 Capa abierta en Google Earth, Fuente: Propia, Google Earth*



*Ilustración 41 Menú de herramientas de Google Earth, Fuente: Propia, Google Earth*

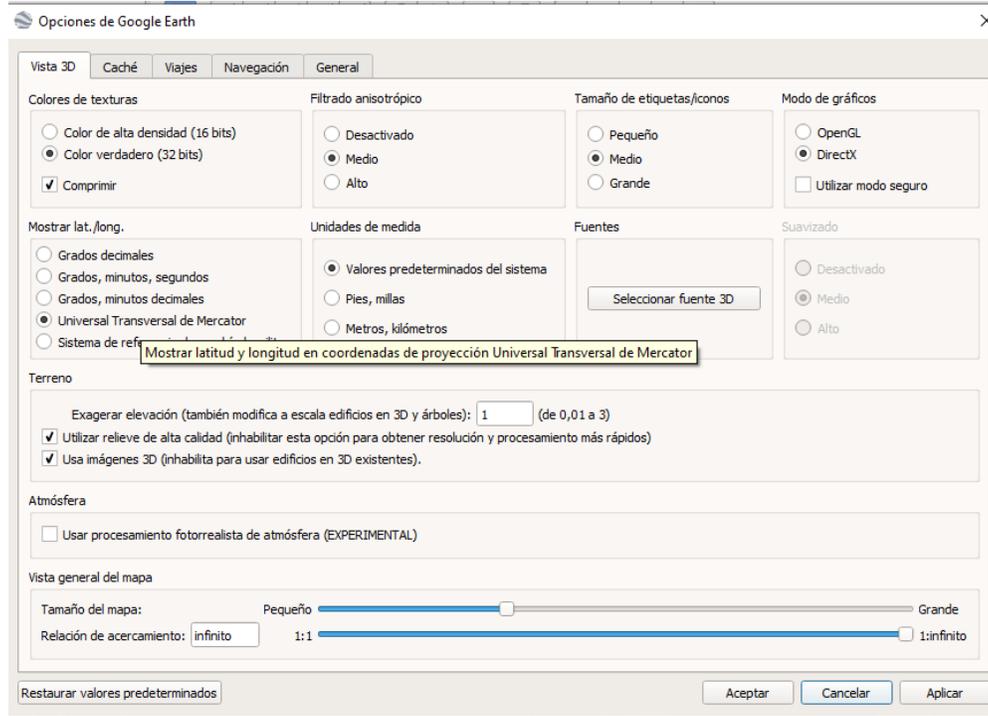
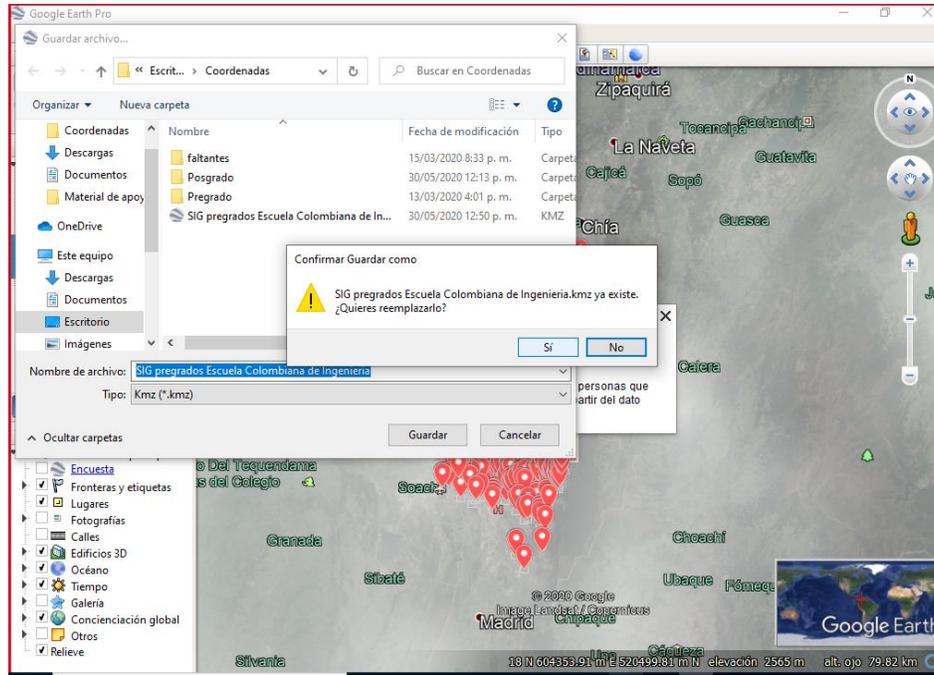


Ilustración 42 Opciones de Google Earth, Fuente: Google Earth



*Ilustración 43 La nueva capa con coordenadas UTM se guarda reemplazando a la capa original, Fuente: Propia, Google Earth*

8. Utilizando la página [gpsvisualizer.com/elevation](http://gpsvisualizer.com/elevation) se cargó la capa KMZ con Coordenadas UTM para convertirla a un archivo .gpx (GPX o GPS eXchange Format (Formato de Intercambio GPS) es un esquema XML pensado para transferir datos GPS entre aplicaciones)

The screenshot shows the website [gpsvisualizer.com/elevation](https://gpsvisualizer.com/elevation). On the left, there is a sidebar with a Google Ads advertisement that says "está buscando empresas como la tuya" and a "Más Información" button. The main content area has a heading "longitudes, but you want to know the altitudes as well" and lists several reasons why a track might be "flat" or incomplete. Below this is a section titled "Solution #1: DEM database" which explains how to use DEM data to add elevation to a track. A central form allows users to "Upload a file" (with a "Seleccionar archivo" button), "Or provide a URL", "Convert & add elevation", "Draw elevation profile", "Output" (set to "GPX file"), and "Units" (set to "Metric"). To the right of the form is a world map showing DEM coverage for various regions like NED1, SRTM1, SRTM3, and ASTER. A "Support GPS Visualizer" box is visible in the top right corner of the browser window.

Ilustración 44 Cargue de capa KMZ a GSP Visualizer para obtener un archivo .gpx, Fuente: GPS Visualizer

9. Con ayuda de MapSource se abre el archivo formato .gpx para después convertirlo en un archivo de texto Text (Tab delimited) (\*.txt)

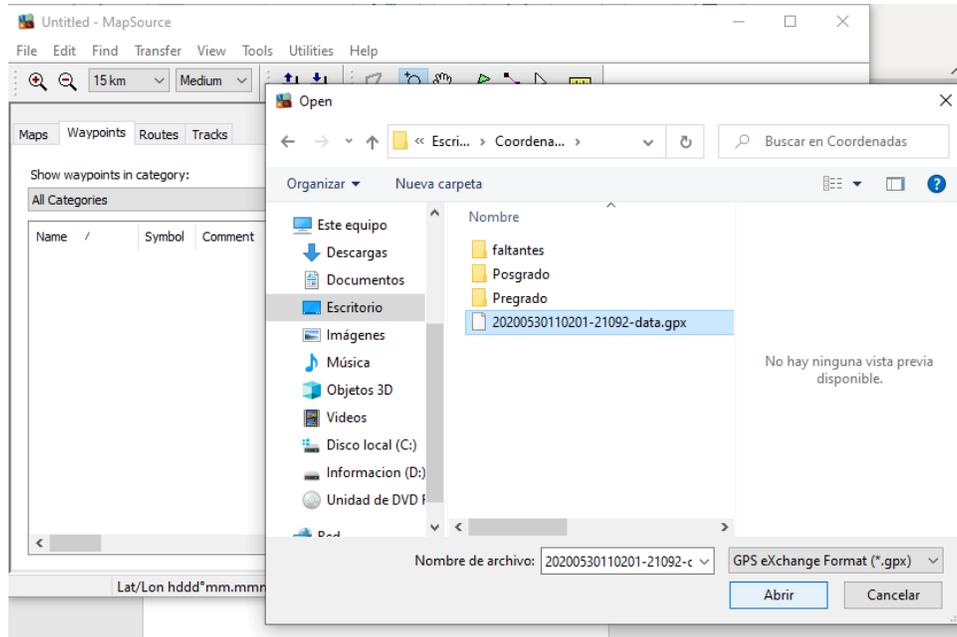


Ilustración 45 Cargue de capa en formato .gpx en MapSource, Fuente: MapSource

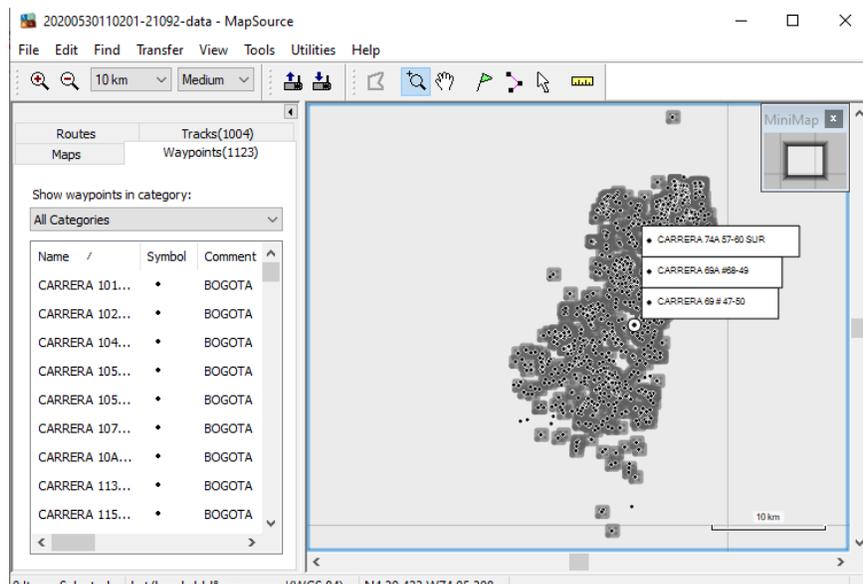


Ilustración 46 Capa abierta en MapSource, Fuente: MapSource

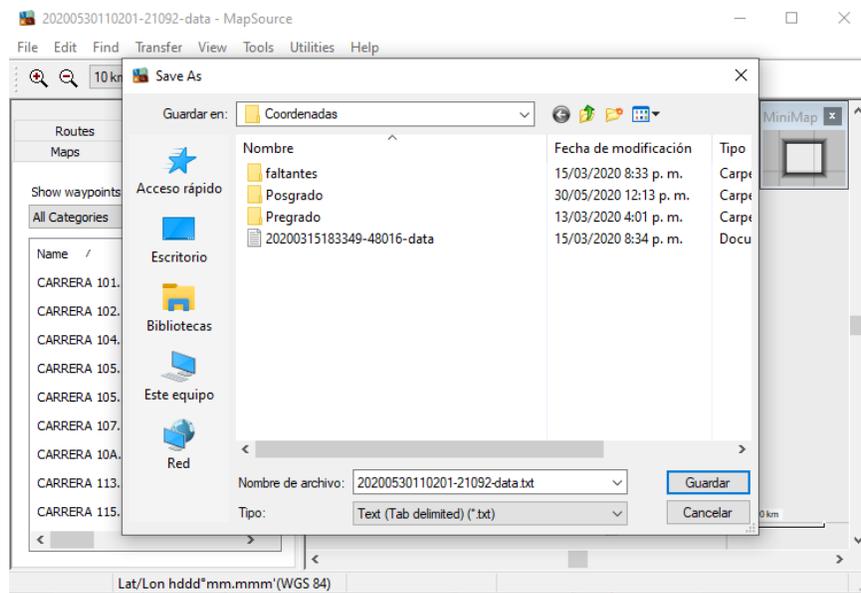


Ilustración 47 La capa .gpx se guarda como Archivo de texto (\*.txt), Fuente: Propia, Map Source

- Finalmente, el archivo de texto resultante se importa en Excel donde se definen el contenido que ira en cada celda utilizando el asistente para importar texto.

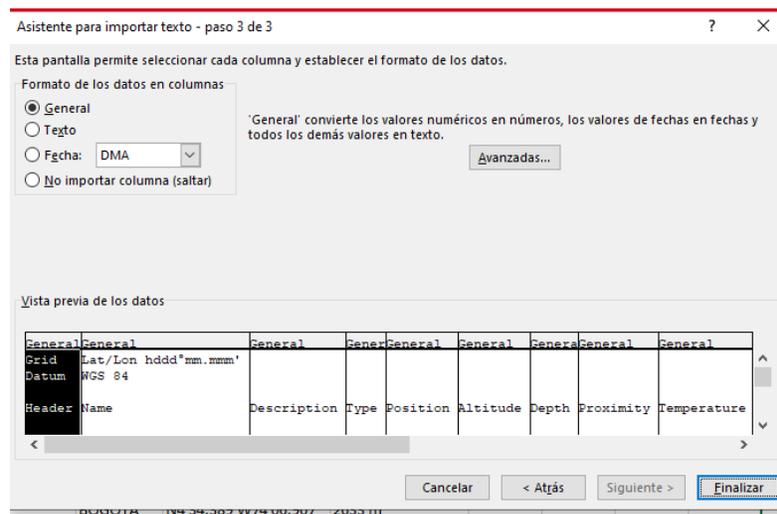


Ilustración 48 Distribución de Texto en cada columna, Fuente: Propia

Header	Name	Description	Type	Position	Altitude	Depth	Proximity	Temperature	Display Mod	Color	Symbol	Fa
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 44.480 W/ 2556 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 43.884 W/ 2554 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 40.121 W/ 2540 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 42.225 W/ 2549 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 41.912 W/ 2550 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 42.301 W/ 2548 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 10: BOGOTA	User Waypoi N4 36.060 W/ 2562 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 11: BOGOTA	User Waypoi N4 45.464 W/ 2554 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 11: BOGOTA	User Waypoi N4 45.161 W/ 2555 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 12: BOGOTA	User Waypoi N4 44.208 W/ 2552 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 36.287 W/ 2597 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 36.195 W/ 2596 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 36.277 W/ 2597 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 35.494 W/ 2580 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 41.513 W/ 2558 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 37.856 W/ 2579 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 35.489 W/ 2581 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 36.287 W/ 2597 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint
Waypoint	CARRERA 13 BOGOTA	User Waypoi N4 35.494 W/ 2580 m									Symbol & Ne Unknown	Waypoint

Ilustración 49 Datos arrojados por MapSource al final de la metodología propuesta, Fuente: Propia

11. Se eliminan las columnas que no son de utilidad y finalmente se organizan las direcciones y las coordenadas en otra hoja.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Direccion	Ciudad	Coordenadas	Altitud				
2	DIAGONAL 43 A SUR # 28-81	BOGOTA	N4 32.818 W74 05.527	2776 m				
3	CARRERA 18 #94-17	BOGOTA	N4 33.022 W74 08.616	2598 m				
4	CALLE 48 P SUR #5A56	BOGOTA	N4 33.342 W74 06.785	2588 m				
5	CARRERA 6B # 49 D - 68 SUR	BOGOTA	N4 33.367 W74 07.117	2576 m				
6	CARRERA 11 #. 30D 52 SUR	BOGOTA	N4 33.517 W74 07.444	2565 m				
7	CALLE 43 A SUR 12 B - 02 ESTE	BOGOTA	N4 33.921 W74 06.778	2610 m				
8	CARRERA 12 BIS 34A 15 SUR	BOGOTA	N4 34.121 W74 06.340	2597 m				
9	CARRERA 45 # 72B-46 SUR	BOGOTA	N4 34.194 W74 09.755	2741 m				
10	DIAGONAL 45 SUR #. 13N-33	BOGOTA	N4 34.369 W74 07.392	2576 m				
11	CALLE 33 A SUR Nº 16 19	BOGOTA	N4 34.389 W74 06.907	2633 m				
12	CARRERA 8 # 22-55	BOGOTA	N4 34.444 W74 05.600	2595 m				
13	CARRERA 2A #17A-34 SUR	BOGOTA	N4 34.524 W74 05.029	2615 m				
14	CALLE 30 SUR 12L 05	BOGOTA	N4 34.555 W74 06.482	2571 m				
15	CARRERA 11 # 11 - 93 SUR	BOGOTA	N4 34.586 W74 05.883	2586 m				
16	CARRERA 49B # 58G -05	BOGOTA	N4 34.798 W74 09.181	2564 m				
17	CALLE 52 F SUR # 28-79	BOGOTA	N4 34.835 W74 08.242	2557 m				
18	CARRERA 10 ESTE # 80-20 SUR	BOGOTA	N4 34.917 W74 04.189	2819 m				
19	CALLE 68 A BIS # 22A 17 SUR	BOGOTA	N4 34.950 W74 10.126	2611 m				
20	CALLE 46 SUR #. 27 - 45	BOGOTA	N4 35.014 W74 07.722	2562 m				
21	CALLE 59 SUR # 52-24	BOGOTA	N4 35.021 W74 09.240	2563 m				
22	CARRERA 12 A # 11-13 SUR	BOGOTA	N4 35.049 W74 05.597	2577 m				
23	TRANSVERSAL 70 SUR NIA 67B - 75	BOGOTA	N4 35.063 W74 08.533	2560 m				

*Ilustración 50 Datos finales organizados, Fuente: Propia*

Con los datos ordenados como se muestra en la anterior ilustración se pueden utilizar herramientas como ArcGIS, simuladores de tráfico etc. que servirán para generar análisis y algunos mapas útiles como los mapas de densidad y calor, también cabe resaltar que este normalizado de datos no solamente sirve para estudios de movilidad sino para encontrar datos de interés en estudios de otras áreas. (Redes eléctricas, Georreferenciar Caminos, límites de obras etc.)