



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

## Licenciatura en Geoinformática

*TESIS COLECTIVA*

**Información cartográfica en OpenStreetMap para la generación de estándares de datos abiertos de transporte público en el Sistema de Transporte Universitario Potrobús**

PRESENTAN:

**CIARA EILA ROJANO DELGADO**

**Generación 2016-2020**

**MIGUEL ÁNGEL NAVA HIDALGO**

**Generación 2015-2019**

ASESORA:

**M. C. T. E. Sandra Lucía Hernández Zetina**

REVISORES

Dra. en U. Raquel Hinojosa Reyes

M. en C. A. Leonardo Alfonso Ramos Corona

Toluca, Estado de México, noviembre de 2022

## Índice General

Resumen .....	1
Introducción .....	2
Planteamiento del problema .....	2
Hipótesis .....	3
Objetivo General .....	3
Objetivos específicos .....	3
Justificación .....	4
Capítulo I Marco Referencial .....	6
1.1 Bases Teóricas .....	6
1.1.1 Geografía del Transporte .....	6
1.1.2 SIG-T .....	7
1.1.3 Datos Abiertos .....	10
1.1.4 Licencia ODbL .....	10
1.1.5 OSM .....	11
1.1.6 Información Geográfica Voluntaria .....	16
1.1.7 General Transit Feed Specification .....	18
1.2 Antecedentes .....	20
1.2.1 GTFS Estático de la Ciudad de México, (México) .....	20
1.2.2 #Mi_Transporte (Guadalajara, México) .....	21

1.2.3 MapMap, Xalapa (Veracruz, México) .....	21
1.2.4 BusBoy, (Duitama, Colombia) .....	23
1.2.5 SIG-T basado en el estándar GTFS realtime (Arica, Chile).....	24
1.2.6 Aplicación UAEMex, (Toluca, México).....	24
1.2.7 Muevetex, (Toluca, México).....	27
1.3 Tendencias en la digitalización del transporte público.....	29
1.3.1 Open Trip Planner.....	29
1.3.2 R5R.....	30
1.3.3 Smart Cities .....	32
Capitulo II Metodología .....	33
2.1 Instalación y configuración del entorno de edición en JOSM .....	34
2.2 Revisión de la información del sistema Potrobús .....	34
2.3 Edición de la colección de objetos referidos a transporte bajo el modelo de relaciones .....	40
2.3.1 Descarga de datos OSM.....	41
2.3.2 GPX a trazas en OSM .....	42
2.4 Carga de relaciones a OSM .....	44
2.5 Etiquetado de la información por ruta .....	55
2.6 Comprobar las relaciones con validador de OSM .....	60
2.7 Paradas del Potrobús .....	61

2.8 Creación de rutas padre .....	70
Capitulo III Resultados .....	72
Conclusiones.....	79
Referencias .....	80
Anexos .....	83

## Índice de figuras

Figura 1.1 Etiquetas OSM para transporte .....	16
Figura 1.2: Características de GTFS.....	19
Figura 1.3 APP UAEMex.....	25
Figura 1.4 Captura Potrobús .....	26
Figura 1.5 Muevetex.....	27
Figura 1.6 Muevetex Peridico.....	28
Figura 1.7 Capturas de pantalla de Muevetex .....	29
Figura 1.8 Código para R5R .....	31
Figura 2.1 Esquema metodológico para la digitalización de rutas de transporte del Potrobús .....	33
Figura 2.2. Rutas de 'POTROBÚS' .....	34
Figura 2.3 Mapa Rutas Potrobús .....	35
Figura 2.4 Ruta verde a GPX.....	36
Figura 2.5 Carga de capas shp .....	37
Figura 2.6 Rutas ida y vuelta en JOSM .....	38
Figura 2.7 Conversión de shp a GPX .....	39
Figura 2.8 Metodología para crear relaciones en JOSM .....	40
Figura 2.9 Descarga de datos OSM.....	41
Figura 2.10 Subir trazas .....	42
Figura 2.10.1 Obtener ID de trazas.....	43
Figura 2.11 Descarga de datos de vía .....	44
Figura 2.12 Edición de línea.....	45
Figura 2.13 Selección de vías .....	46
Figura 2.14 Selección de nodos.....	47

Figura 2.15 Herramienta de relaciones .....	48
Figura 2.16 Crear relaciones en JOSM.....	49
Figura 2.17 Subir relación .....	51
Figura 2.18 Advertencias .....	51
Figura 2.19 Subir.....	52
Figura 2.20 Link e ID de trazas .....	53
Figura 2.21 Documento con la macro para creación de GTFS .....	54
Figura 2.22 Pestaña Rutas.....	56
Figura 2.23 Route Tracing.....	57
Figura 2.24 Route Editing.....	58
Figura 2.24.1 Route Editing.....	59
Figura 2.25 Etiquetas en JOSM .....	60
Figura 2.26 Validador de OSM.....	61
Figura 2.27 Visibilidad de capas .....	62
Figura 2.27.1 .....	62
Figura 2.27.2 .....	63
Figura 2.27.3 .....	63
Figura 2.28 Paradas Potrobús .....	64
Figura 2.29 Descarga de vías .....	64
Figura 2.29.1 .....	65
Figura 2.29.2 .....	65
Figura 2.30 Adición de nodos.....	66
Figura 2.30.1 .....	66
Figura 2.31 nodos adheridos.....	67
Figura 2.32 Etiquetas de nodos .....	68

Figura 2.32.1 .....	68
Figura 2.32.2 .....	68
Figura 2.32.3 .....	69
Figura 2.33 etiquetas de nodos .....	69
Figura 2.34 Descarga en JOSM de ruta (ambos sentidos).....	70
Figura 2.34.1 .....	70
Figura 2.34.2 .....	71
Figura 3.1 Rutas ida, regreso y completa .....	72
Figura 3.2 Habilitando la capa de transporte dentro de OSM.....	73
Figura 3.3 Rutas de Potrobús en OSM .....	74
Figura 3.3 ID de cada ruta (28) .....	75
Figura 3.4 Links de relaciones .....	76
Figura 3.5 Relación abuelo .....	77
Figura 3.6 Conjunto de archivos GTFS y contenido de stops.txt.....	78
Figura 4.0 JOSM .....	83
Figura 4.1 Open Data .....	84
Figura 4.2 DirectUpload .....	85
Figura 4.3. Repositorio del código de Trufi Association .....	86
Figura 4.4 .....	86
Figura 4.5 .....	87

# Resumen

El presente proyecto explica la metodología para el mapeo de datos geoespaciales a una plataforma de datos abiertos, como lo es Open Street Map, haciendo uso de las herramientas y plataformas asociadas para la edición cartográfica, en la filosofía de trabajo y términos del software SIG de licencia libre; esto con el objetivo de impulsar el uso de los datos abiertos y la información geográfica voluntaria, bajo esquemas de estándares internaciones.

Los datos podrán ser utilizados por terceros para su uso sin ninguna restricción, más la que implica la atribución correspondiente a los autores; dichos datos se refieren a las rutas y paradas del servicio universitario Potrobús. La información con la cual se trabajó es de carácter oficial, y fue proporcionada por la Dirección de Transporte Universitario de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx).

Se llevó a cabo un proceso de conversión de datos, considerando el marco de etiquetado de Openstreetmap, la edición para lograr la calidad cartográfica que implica el modelo de relaciones en dicha plataforma, de modo tal que los datos asociados al Sistema del Transporte Universitario puedan ser consumidos por cualquier otro servicio para el desarrollo de proyectos que den paso al análisis espacial sobre este servicio, que proporciona la UAEMéx a su comunidad de estudiantes, pero en particular, la estructura permite la aplicación de las especificaciones generales del suministro de datos para el transporte público (GTFS).

La metodología utilizada fue apoyada por Trufi Association, quien proporcionó las asesorías para el uso de los scripts y el código que esta organización usa en el desarrollo de sus funciones, agilizando con este el proceso de mapeo y la automatización de tareas para la carga y validación de la información.



# Introducción

## Planteamiento del problema

La creación de conjuntos de datos de calidad es un aspecto central en la gestión de ciudades y áreas inteligentes. El caso de los datos de transporte urbano e interurbano es un claro ejemplo que ha evolucionado hacia un formato aceptado por la comunidad de usuarios.

No obstante, son pocos los conjuntos de datos abiertos de transporte público en México y algunos están en etapa de planeación para generar los procesos que les permitan obtenerlos. Como caso especial se puede hacer mención que la Ciudad de México cuenta con varios sistemas de transporte público formalizado, como lo son el Metro, Metrobús, Tren Ligero, Tren Suburbano y la Red de Transporte de Pasajeros (autobuses), los cuales cuentan con datos sobre las rutas, la flota, las estaciones/paradas y las frecuencias.

Para el transporte concesionado existe información fragmentada y desactualizada que cubre partes reducidas del sistema. Para el caso del estado de México, y en particular la ciudad de Toluca no existe de manera oficial información relacionada con el transporte público. Algunos grupos de activistas y otras Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) han iniciado el desarrollo de propuestas que buscan brindar a los usuarios alternativas de información para esquemas de movilidad con transporte colectivo (autobuses), pero solo se encuentra disponible para visualización y consulta, y no para el desarrollo de aplicaciones o herramientas alternativas.

En la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) existe el Sistema Universitario de Transporte Potrobús, el cual es un servicio gratuito y está dirigido a la comunidad de alumnos; con un esquema planificado de rutas, paradas y horarios la cual se encuentra disponible a través de la aplicación móvil de la

institución (como parte de las diferentes opciones habilitadas) y en donde es posible identificar de manera visual esta información a través de un servicio de mapas en línea. Sin embargo, no se encuentra bajo un esquema de datos abiertos y su actualización/administración, depende de un área ajena a la Dirección de Transportes de la UAEMex.

## **Hipótesis**

La administración e integración de estándares internacionales para transporte se facilitan a partir de esquemas de datos abiertos.

## **Objetivo General**

Integrar en un esquema de datos abiertos la información cartográfica del Sistema de Transporte Universitario Potrobús, a partir de la plataforma OpenStreetMap considerando el modelo de relaciones de esta plataforma.

## **Objetivos específicos**

- Identificar los elementos del esquema de relaciones que el ecosistema de Open Street Map requiere para el etiquetado de información de transporte público
- Recabar la información oficial del Sistema de Transporte Universitario Potrobús derivada de las instancias institucionales.
- Configurar el entorno y las herramientas de edición, a partir de Java OpenStreetMap (JOSM).
- Integrar los parámetros de calidad cartográfica de la información para la edición y carga masiva en Open Street Map

- Generar pruebas de validación y descarga para la estructuración de archivos GTFS.

## Justificación

De acuerdo con la Open Knowledge Foundation (2022) cualquier persona puede utilizar, reutilizar y redistribuir, siempre estando sujetos a compartirse bajo la misma manera en que aparecen los datos abiertos.

En este sentido y bajo las mismas premisas de esta Fundación, en el esquema de apertura de datos se deben de considerar:

- Disponibilidad y acceso
- Reutilización y redistribución
- Participación universal

Todos estos elementos encierran un concepto fundamental: la interoperabilidad, entendida como “la habilidad de diversos sistemas y organizaciones para trabajar juntos (interoperar). En este caso, es la habilidad para interoperar o integrar diferentes conjuntos de datos.” (*Open Knowledge Foundation, 2022*)

Como ejemplo de lo anterior, y en referencia a datos geoespaciales, se puede hacer mención del proyecto Open Street Map (OSM), plataforma que es considerada la base de datos abiertos más grande del mundo, y cuyo modelo se basa en el acuerdo de licencia ODbL (Open Database License) y el cual incluye esquemas de etiquetado que incluyen las opciones para diversas formas y tipos de transporte público, así como la infraestructura asociada. Una de las principales ventajas es que se cuenta con herramientas e interfaces de extracción de datos, que posibilita que las contribuciones que de manera personal o colectiva se encuentran disponibles puedan descargarse para su utilización.

Hounsell (2016) considera que la importancia de tener datos de esta plataforma en un esquema abierto abre un sin fin de oportunidades para su aprovechamiento, uno de ellos son la generación de los *General Transport Feed Specification (GTFS)*.

En este sentido, la incorporación de rutas y estaciones del sistema Potrobús al entorno OSM constituye un punto de partida perfecto para la aplicación de estándares de datos abiertos para transporte público como lo representa el GTFS, y la posibilidad de que otros sistemas puedan consumir la información actualizada, para desarrollar aplicaciones o sistemas que tengan como base esta información y generar análisis para la mejora de las rutas, facilitar al usuario la búsqueda de información de sus trayectos, entre otros beneficios.

Para el desarrollo de este proyecto, se contó con la valiosa colaboración de Leonardo Gutiérrez Uscátegui, quien no sólo es un miembro destacado de la comunidad Openstreetmap de Colombia, sino que también es Business Development Manager en Trufi Association, ONG dedicada a mejorar la movilidad a través del desarrollo de aplicaciones móviles para transporte de países en vías de desarrollo, y en donde el transporte informal es una característica de la mayoría de las ciudades de dichos países.

# Capítulo I

## Marco Referencial

En el siguiente capítulo se exponen las investigaciones y proyectos previos y relacionados a este proyecto con el fin de apoyarnos en herramientas y conocimientos, así mismo se mencionan algunas bases teóricas, términos y conceptos, que permitan contextualizar este proyecto.

### 1.1 Bases Teóricas

#### 1.1.1 Geografía del Transporte

Surge como disciplina de la geografía económica a mediados de siglo XX, la cual se centra en el estudio de localización de las actividades económicas y en el costo monetaria de la distancia (Hoover et al., 1948).

Flores S. (2017) menciona que en 1897 Alfred Hettner redactó un artículo sobre la geografía del transporte, que en ese entonces el nombre más usual era geografía de la circulación, en dicho artículo describe que Hettner nombra materia de estudio de los sistemas de flujos de las regiones que metafóricamente eran entendidos como la circulación sanguínea de estos.

Los geógrafos del transporte ponen mayor énfasis a los niveles de acceso de la población a los puntos de accesos de servicios sociales, por lo que el geógrafo del transporte se preocupa por la distinta forma de movilidad de la población.

El transporte de carga es una actividad que tiene una expresión espacial ya que integra y articula diferentes aspectos del territorio, pues hace posible el intercambio de bienes en un espacio geográfico determinado (Pohls, 2005).

En el transporte por carretera se utiliza una extensa gama de vehículos, desde pequeñas furgonetas con una capacidad de unos 500 Kg, hasta los

grandes camiones rígidos o articulados capaces de transportar más de 25 toneladas de carga útil. Por otra parte, el personal necesario en la conducción del vehículo, a igualdad de volumen transportado, es mayor por carretera. Como a ello se une el hecho de que, las resistencias al avance son mayores, el costo de funcionamiento de los vehículos por unidad de transporte es mayor que en otros modos (Robusté, 2005).

En este sentido, se ocupa de los sistemas de transporte como parte de la organización de los espacios geográficos. Sus temas principales de estudio son la configuración y características de las redes de transporte, los flujos que se dan sobre estas redes y los problemas relacionados con el transporte, como la congestión, la contaminación, su papel en el desarrollo socioeconómico de los espacios geográficos en que se integran, etc.

### **1.1.2 SIG-T**

Como parte de las soluciones que la geografía del transporte ha implementado, surge una derivación en la digitalización de la información relacionada a este tema, que en particular se refiere al uso de Sistemas de Información Geográfica para el Transporte, o SIG-T.

La planificación de rutas es una de las aplicaciones de mayor difusión en el campo SIG-T. Los SIG hacen posible la planificación de viajes y la optimización de rutas por carretera, por ferrocarril, viajes aéreos, bicicleta en transporte público o privado. (Seguí. et al, 2003):

Incluso facilitan el desarrollo de rutas que combinen distintos modos de transporte, o que optimicen diferentes criterios como el tiempo de recorrido, coste económico, el valor cultural o ecológico de la ruta, etc. Con los SIG, se optimizan rutas en ciudades, en regiones, en países, continentes o a escala

a nivel mundial. Existen numerosas referencias de aplicación de SIG, incluso en países con redes viarias poco definidas y ciudades con complicadas estructuras urbanas. (Segui. et al, 2003)

De acuerdo con Flores A. (2017) la naturaleza multidimensional de los datos la cual hace la construcción de las bases de información y la introducción de las tecnologías de la información que da pie a los Sistemas de Transporte Inteligente (SIT), como parte de las características del análisis, gestión y planificación del transporte.

El campo de los SIG-T es muy extenso, análisis de redes, evaluación de impactos ambientales, localización y análisis de accidentes, sistemas inteligentes de transporte, solo por mencionar algunos (Flores A.,2017). Este mismo auto menciona que en la actualidad se tienen incorporados a los SIG algoritmos para resolver diversos problemas como los siguientes:

1. Análisis de la ruta mínima.
2. Diseño de las rutas de vehículos.
3. Modelos de flujo de redes.
4. . Modelos de partición-agrupación
5. . Modelos de ubicación-asignación.
6. . Modelos de planeación de transporte (generación –atracción de viajes, distribución de viajes, elección modal y asignación).

### 1.1.2.1 MapInfo

Tal y como se hizo mención en el punto anterior, las plataformas de SIG han integrado componentes y funcionalidades que apoyan el análisis de información relacionada al transporte. Es por ello por lo que se hará una breve mención al software MapInfo, debido a la relevancia que ha dado al tema de SIG-T.

Pitney Bowes Software antes conocido como MapInfo Corporation + Group 1 Software, es el líder mundial en soluciones de software para inteligencia de localización. La herramienta MapInfo se utiliza para crear, editar, visualizar y analizar los datos de clientes y negocios en relación con su ubicación. (geobis, s.f.).

MapInfo cuenta con un componente que es esencial para los estudios de localización de ruteo. Este paquete tiene el nombre de MapInfo RouteFinder.

MapInfo RouteFinder es un paquete de un desempeño muy alto que permite realizar estudios de adquisición para expansión, genera áreas de mercadeo (ventas), creación de territorios para distribución y así asignar las cargas de trabajo y distribución para las rutas de transporte.

Pitney Bowes menciona los siguientes beneficios de RouteFinder en su página web, los cuales se listan a continuación:

- Creación de rutas punto a punto, donde puede calcular la ruta más corta o rápida entre dos ubicaciones.
- La creación de matrices de rutas, donde se puede calcular rutas para un gran número de puntos de origen destino.

Si bien existen algunas otras plataformas como transCAD y ArcGIS no cumplen con la totalidad del concepto de SIG-T, tal como lo representa con MapInfo.



### **1.1.3 Datos Abiertos**

Si bien la digitalización derivada el uso e implementación de los SIG-T ha permitido mejorar las capacidades de análisis espacial, enriqueciendo los estudios e investigaciones en el tema, es importante señalar que, en la actualidad, la disponibilidad de información a partir de datos abiertos se vuelve un eje importante como parte de los resultados y los productos derivados de todo proyecto.

Los datos abiertos son datos que pueden ser utilizados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, y que se encuentran sujetos, cuando más, al requerimiento de atribución y de compartirse de la misma manera en que aparecen (Open Knowledge Foundation, 2020).

Amin Mobasher (2021) señala que los avances en la ciencia geoespacial de código abierto han influido en el surgimiento de varias aplicaciones que estaban restringidas en épocas anteriores. Las tecnologías geoespaciales se han vuelto omnipresentes en la actualidad; existen diversas infraestructuras que tienen como objetivo proporcionar servicios para recopilar, editar y compartir libremente información geoespacial. Ejemplos de tales infraestructuras incluyen OpenStreetMap, Flickr, Twitter, Foursquare para el uso de datos voluntarios públicos.

En los últimos años, muchas ciudades, estados y países han brindado o están lanzando actualmente la provisión de geodatos gratuitos y abiertos a través de portales de datos, servicios web y API que son adecuados para ciudades urbanas e inteligentes, así como las aplicaciones que se desarrollan a partir de ellos.

### **1.1.4 Licencia ODbL**

Open Database License por sus siglas en inglés, es el resultado del proyecto open Data Commons que forma parte de Open Knowledge Foundation, es un acuerdo de licencia el cual permite a los usuarios compartir, modificar y usar bases de datos

libremente, mientras se mantenga la misma libertad para los demás. (Open Knowledge Foundation, s.f.)

La ODbL se creó con el objetivo de permitir a los usuarios compartir sus datos libremente sin preocuparse por problemas relacionados con los derechos de autor o la propiedad. Permite a los usuarios utilizar libremente los datos para agregar incluso en otras y editar datos existentes. La licencia establece los derechos de los usuarios, así como el procedimiento correcto para la atribución de crédito a quien corresponde, y cómo realizar cambios o mejoras, simplificando así el intercambio y la comparación de datos. (wiki, s.f.)

Uno de los grandes proyectos que hacen uso de ODbL es OpenStreetMap (OSM), los cuales cambiaron a esta licencia en septiembre de 2012, su antigua licencia solo protegía los datos escritos, la cual no estaba implementada para bases de datos. Otros proyectos que hacen uso de esta licencia son: OpenCorporates, Open Food Facts y Paris OpenData.

### **1.1.5 OpenStreetMap**

El acceso a datos espaciales y productos cartográficos ha cambiado radicalmente en las últimas décadas. Tradicionalmente, las agencias gubernamentales, centros cartográficos y las agencias comerciales eran las únicas fuentes para los usuarios finales que buscaban datos espaciales.

OpenStreetMap se lanzó en 2004 con la misión de crear un mapa editable de todo el mundo y fue lanzado con un contenido abierto de licencia. Las comunidades académica e industrial han reconocido el valor y aportaciones que OpenStreetMap brinda, basándose no solo en su crecimiento que los ha convertido en un importante distribuidor de geodatos, sino en el hecho de que su éxito más amplio ha sido el crecimiento de una comunidad global de

personas dispuestas a participar en la recopilación y mantenimiento de geodatos. (Jokar, 2015)

Cuenta además con una serie de herramientas, librerías, servicios y APIs (*Application Programming Interface*), que permiten que la edición, visualización, descarga e intercambio de datos pueda llevarse a cabo, para la generación de nueva información basada en dicha plataforma. A todos estos elementos se les suele llamar el Ecosistema de Open Street Map.

Open Street Map ha ganado gran interés y atención con fines investigativos y aplicados. La década pasada ha mostrado cientos de proyectos implementados y que están en ejecución, ya sea en este proyecto voluntariado geográfico de información (Mobasher, A. 2021).

#### **1.1.5.1 Sistema de etiquetado de OpenStreetMap.**

El sistema de etiquetado libre de OpenStreetMap permite que el mapa incluya un número ilimitado de atributos que describen cada objeto. La comunidad acuerda ciertas combinaciones de claves y valores para las etiquetas más comúnmente usadas, que actúan como estándares informales.

De acuerdo con la wiki de OSM una etiqueta describe características específicas de los elementos de un atributo geográfico, ya sean vías, nodos o relaciones, cuenta con dos elementos, una clave y un campo, los cuales son campos de texto, que representan elementos numéricos o elementos estructurados. La mayoría de los objetos geográficos se describen y clasifican con etiquetas, por ejemplo, una senda a pie se la clasifica como *highway=footway*, y con *name=*, si llegase a tener nombre. Sin embargo, dado que este es un mapa global e inclusivo, puede haber muchos tipos de objetos diferentes en Open Street Map.

Sin una etiqueta, un elemento no tiene significado y los mapas no lo mostrarán, esta explica a la computadora cuál es la característica del objeto en la realidad.

Aquí hay algunos ejemplos de cómo se usan las claves y valores en la práctica: *highway=residential* una etiqueta con la clave '*highway*' y un valor '*residencial*' que debe utilizarse en una vía para indicar una carretera en la que viven personas.

*name=Park Avenue* una etiqueta cuyo campo de valor se utiliza para dar a conocer el nombre de la calle en particular

*maxspeed=50* una etiqueta cuyo valor es la velocidad numérica y una unidad de velocidad. La unidad, km/h, está implícita, pero puede especificarse explícitamente; las millas por hora pueden especificarse alternativamente añadiendo mph. En OSM, las unidades métricas son las predeterminadas.

*maxspeed:forward=* una clave que incluye un espacio de nombres para *maxspeed* para distinguir mejor su significado.

*name:de:1953-1990=Ernst-Thälmann-Straße* una etiqueta con la clave *name* con espacios de nombres como sufijo para especificar el nombre alemán que era válido en algunos años.

#### **1.1.5.2 El modelo de relaciones en OSM para el caso de transporte**

Una relación es uno de los elementos de datos principales que consta de una o más etiquetas y también una lista ordenada de uno o más nodos, formas y/o relaciones como miembros que se utilizan para definir lógica o relaciones geográficas entre estos elementos, (*Future Internet, 2016*).

De acuerdo con la Wiki de OSM existe un analizador de relaciones disponible en [ra.osmsurround.org](http://ra.osmsurround.org), el cual se encarga de analizar relaciones OSM en varios

aspectos de calidad, como segmentos inicial y final advirtiéndolo si la relación tiene lagunas mediante un listado de segmentos si hay huecos, perfiles de altitud, tipos de vías incluidas, etiquetas. Esto es útil para todo tipo de rutas, incluyendo rutas que están actualmente siendo mapeadas.

Las Relaciones son listas ordenadas de objetos, son objetos en sí mismas y sirven para definir relaciones entre cualquier tipo de objeto. También tienen información como:

- id: el identificador
- visible: boolean que determina la visibilidad
- user: usuario que creó el nodo
- timestamp: marca de tiempo de creación

El modelo de relaciones de OSM será usado en rutas de Sistema Universitario de Transporte Potrobús para la representación de objetos espaciales y etiquetado para la definición de atributos y el registro de estas.

### **1.1.5.3 Java OpenStreetMap (JOSM)**

Como parte del ecosistema de OSM, cobra especial relevancia el editor JOSM: La herramienta JOSM (Java for OpenStreetMap) es una aplicación de escritorio tipo cliente, que es usada por los colaboradores más avanzados de la plataforma OSM para la edición de la base de datos del sitio. JOSM proporciona un grado mayor de apoyo y control de calidad para la creación o edición de los elementos geográficos de OSM, en particular, de aquellas conformadas en el modelo de relaciones.

Si bien existen una serie de editores de OSM, JOSM posee numerosas características avanzadas, entre las que se pueden mencionar: la importación de archivo GPX, con imágenes de satélite u ortofotografías a través de protocolos

estándarizados (WMS, TMS y WMTS), soporte para múltiples proyecciones cartográficas, gestión de capas de información, edición de relaciones, validación de errores, filtros y estilos. Dentro de las características principales (y como parte de los objetivos de este trabajo), JOSM cuenta con elementos para definición correcta de flujos de tráfico, y las funcionalidades están disponibles a través de componentes de terceros que se descargan desde el propio programa, los cuales son llamados complementos (Wiki,s/f).

#### **1.1.5.4 OSM sistema de etiquetas para autobuses**

Los autobuses y trolebuses son formas de transporte público que operan principalmente en la red de carreteras. El sistema consiste en rutas que hacen escala en paradas y estaciones de autobuses que tienen una serie de características relacionadas (Wiki, s.f.).

OSM usa un sistema de etiquetas para relacionar características específicas a las rutas de autobús y trolebús, las cuales se encuentran entre características de: Stations and bus stations, bus routes, route master relations y bus lanes and tracks. Cada una de estas etiquetas comprenden 3 tipos de elementos: Required, Optional y Recommended, como se puede ver en la imagen 1.1.

Figura 1.1 Etiquetas OSM para transporte

Tag	Importance
highway=bus_stop	! Required
public_transport=platform	? Optional
name=*	? Recommended
ref=*	? Recommended
local_ref=*	? Recommended
network=*	? Recommended
operator=*	? Recommended
shelter=*	? Recommended

Fuente: captura de pantalla del sitio: [wikiopenstreetmap.org](http://wiki.openstreetmap.org)

El tipo de relación que se usará es la que corresponde a Transporte público y rutas, las relaciones con esta etiqueta = public\_transport permiten la descripción de relaciones utilizadas en el esquema de etiquetado público de OSM. Esta relación corresponde a la descripción de todo tipo de paradas de transporte público, estaciones, paradas, zonas o similares. Como se ha indicado en la wiki de OSM: Un área de parada consiste en todo lo relacionado con el embarque y desembarque de un vehículo o servicio de transporte publico especifico. (Future Internet, 2016)

### 1.1.6 Información Geográfica Voluntaria

El concepto de Información Geográfica Voluntaria (VGI por las siglas en inglés de *Volunteered Geographic Information*) ha sido acuñado recientemente para referirse a un innovador mecanismo para la producción y el intercambio de datos geográficos. Lo anterior ha sido posible, como consecuencia del incremento en la disponibilidad de dispositivos de geolocalización y el desarrollo de software de más

fácil manejo, permitiendo que usuarios no especializados o ciudadanos puedan aportar contenidos, debido a su compromiso en la creación de información geográfica. (Arsanjani, Zipf, Mooney & Helbich, 2015).

OpenStreetMap puede ser considerado como uno de los proyectos más representativos para la VGI. De acuerdo con la página oficial, fue fundado por el inglés Steve Coast, en respuesta a los altos precios que cobraba la Ordnance Survey, la agencia cartográfica de Gran Bretaña, por su información geográfica (OSM, 2022).

OSM es una iniciativa cuyo objetivo es crear y proporcionar datos geográficos libres, tales como callejeros y mapas de carreteras, a todo el mundo", y trabaja en dos direcciones, ya que, por una parte, "permite a sus colaboradores crear y compartir datos geográficos abiertos y libres" y por otra, "presiona a instituciones y administraciones públicas para que liberen los suyos", tal como lo describe Subires-Mancera (2011).

Cuenta además con una serie de herramientas, librerías, servicios y APIs (Application Programming Interface), así como motores de renderizado, que permiten que la edición, visualización, descarga e intercambio de datos pueda llevarse a cabo, para la generación de nueva información basada en la plataforma.

De acuerdo con la Wiki del proyecto, se les llaman elementos a los componentes básicos del modelo de datos conceptuales del mundo físico de OpenStreetMap. Los elementos son de tres tipos:

- nodos (puntos definidos en el espacio)
- vías (características lineales y áreas limítrofes) y
- relaciones (que se usan a veces para explicar cómo otros elementos se relacionan entre sí).



Todo lo anterior puede tener una o más etiquetas asociadas (que describen el significado de un elemento en particular).

### **1.1.7 General Transit Feed Specification**

Las especificaciones generales del suministro de datos para el transporte público (GTFS) es un estándar de datos que permite a las agencias de transporte público publicar sus datos de tránsito en un formato que puede ser consumido por una gran variedad de aplicaciones de software. Hoy en día, el formato de datos GTFS es utilizado por miles de proveedores de transporte público.” Para la propuesta de los formatos GTFS debemos entender su significado: GTFS (General Transit Feed Specification) o en español, Especificación General de Feeds de Transporte Público, nació en Google en el año 2005 y fue creado por Chris Harrelson, el cual tenía en mente incluir información detallada de tránsito a Google Maps, dicha información fue incluida en archivo en formato CSV.

GTFS se divide en un componente estático que contiene información de horarios, tarifas y tránsito geográfico, y un componente en tiempo real que contiene predicciones de llegada, posiciones de vehículos y avisos de servicio.

En el caso de este trabajo de investigación nos enfocaremos en los GTFS estáticos, con lo cual la página oficial nos muestra un apartado donde vienen los pasos a seguir para crear la serie de archivos recopilados en un ZIP. Los cuales deben seguir nombres y características, tipos de campo y requisitos de archivo específicos, las cuales se muestran a continuación en la figura 1.2.

Figura 1.2: Características de GTFS

Nombre	Importancia	Define
agencia.txt	Obligatorio	Agencias de tránsito con servicio representado en este conjunto de datos.
paradas.txt	Obligatorio	Paradas donde los vehículos recogen o dejan a los pasajeros. También define estaciones y entradas de estaciones.
rutas.txt	Obligatorio	Ruta de tránsito. Una ruta es un grupo de viajes que se muestra a los pasajeros como un servicio.
viajes.txt	Obligatorio	Viajes para cada ruta. Un viaje es una secuencia de dos o más paradas que ocurren durante un periodo de tiempo específico.
stop_times.txt	Obligatorio	Horarios en los que un vehículo llega y sale de las paradas de cada viaje.
calendario.txt	Condicionamente requerido	Fechas de servicio específicas mediante una programación semanal con fechas de inicio y finalización. Este archivo es necesario a menos que todas las fechas de servicio se definan en calendar_dates.txt
calendar_dates.txt	Condicionamente requerido	

Fuente: Elaboración propia con información del Portal de Datos Abiertos de la CDMX

## 1.2 Antecedentes

Se describen a continuación una serie de proyectos que han tomado como base la plataforma de datos abiertos de OSM, y en algunos casos, el uso del estándar GTFS con base a la información de dicha plataforma.

### 1.2.1 GTFS Estático de la Ciudad de México, (México)

Un antecedente de proyecto que usa GTFS se puede encontrar en la capital de la República Mexicana, la Ciudad de México, la cual publica constantemente actualizaciones en la página de datos abiertos de la ciudad, GTFS estático (General Transit Feed Specification) de la Ciudad de México. En donde se añaden frecuentemente nuevos conjuntos de datos, ya sea un nuevo archivo GTFS en formato .zip, el cual contiene los archivos de texto relacionados entre sí, que modelan cada aspecto de los servicios de transporte público: agencias, rutas, viajes, frecuencias, horarios, entre otros. Los archivos que se publican comprenden información de Corredores Concesionados, Metro, Metrobús, Trolebús, RTP, Tren Ligero, Ferrocarril Suburbano y Cablebús.

Aquí se publica la última versión del GTFS estático de la Ciudad de México, el cual se mantiene en continua mejora y expansión a otros modos de transporte público. Entre las actualizaciones realizadas se tiene el cambio de los identificadores únicos de cada archivo. (Portal de Datos Abiertos de la CDMX) Los nuevos identificadores codifican la información de manera más concisa y permiten identificar fácilmente la información a la que hacen referencia. Además, se incorporó la nueva nomenclatura utilizada en Corredores Concesionados.

El GTFS actual comprende ocho archivos en formato texto con sintaxis tipo csv (comma-separated values), y que se encuentra publicado en el Portal de Datos Abiertos de la CDMX. Cada archivo contiene al menos un identificador, el cual permite relacionar la información entre los diferentes archivos.

### **1.2.2 #Mi\_Transporte (Guadalajara, México)**

En la ciudad de Guadalajara se emplea un modelo integrado de movilidad, el cual ha sido posible gracias a un convenio suscrito entre el gobierno de Jalisco y Google Maps. La herramienta está disponible en el sitio [mitransporte.jalisco.gob.mx/amg](http://mitransporte.jalisco.gob.mx/amg), donde cualquiera podrá planificar sus desplazamientos por la ciudad al utilizar el servicio de transporte público.

Este modelo es empleado por un conjunto de datos, donde se encuentran rutas del transporte público de AMG, ubicadas en un archivo zip con los GTFS, en donde se permite a los encargados del transporte público publicar sus datos de tránsito en un formato que puede ser consumido por una gran variedad de aplicaciones de software. Una de ellas es Google Maps, donde se tiene una aplicación que permite planear viajes, conocer rutas, su origen y destino, horarios, detalles de operación y ubicar sus paradas en el área metropolitana de Guadalajara. (Pérez, 2021)

Mi Transporte se divide en rutas troncales y complementarias.

Cuenta actualmente con 19 rutas troncales, las cuales son aquellas que transitan por las principales avenidas de la ciudad y tienen una mayor demanda de usuarios. También cuenta con 138 rutas complementarias, que son todas aquellas que recorren la ciudad para conectar a usuarios con los corredores troncales y con el transporte masivo, como Mi Tren y Mi Macro. (Pérez, 2021).

### **1.2.3 MapMap, Xalapa (Veracruz, México)**

Para lograr los objetivos de mapear rutas de transporte público y liberarlos en formato abierto, se lanzó el Mapaton Ciudadano en colaboración con una organización de comunidad abierta llamada Codeando, WRI, Open Street Map y el ayuntamiento de la ciudad de Xalapa.

Con la metodología única de un mapaton, se recolectó la información sobre las rutas de transporte público. La comunidad de Codeando Xalapa capacitó a los mapeadores participantes del público para realizar el mapeo de rutas de transporte público (Montenegro et, al. 2022).

MapMap es una aplicación móvil desarrollada en código abierto por la comunidad de Codeando Xalapa. Fue creada para recolectar datos con georreferencia de las rutas de transporte público en Xalapa, Veracruz, México. Entre 2016 y 2017, se recopilaron 162 rutas de transporte público de autobuses concesionados de la ciudad de Xalapa utilizando dicha aplicación; aproximadamente 50% de esas rutas cuentan con sus respectivas paradas para pasajeros, que muchas veces son lugares no señalizados en la ciudad en donde los ciudadanos se reúnen para esperar y tomar el transporte público de su preferencia (Montenegro et, al. 2022).

Se utilizó de base el código abierto de TransitWand herramienta que permite mapear y recolectar información en GTFS el formato común de los datos abiertos de transporte público.

Montenegro et, al. (2022) menciona que para llegar a su versión de la aplicación tuvieron que realizar modificaciones para poder adaptar mapmap a las necesidades del proyecto.

Los principales cambios realizados incluyen:

- Agregar un sistema de clasificación de las paradas.
- La opción de tomar fotografías.
- Mejorar la experiencia de usuario para recolectar datos.

#### **1.2.4 BusBoy, (Duitama, Colombia)**

De acuerdo con Trufi Association (2019), Duitama es una ciudad de más de 112.000 habitantes en el centro de Colombia, en el departamento de Boyacá. La aplicación de planificación de viajes BusBoy lleva el nombre de los autobuses de Boyacá

Hay tres operadores de autobuses competidores en Duitama (Héroes, Tundama y Tures), pero no hay una fuente de datos pública publicada oficialmente con las rutas y horarios de las tres compañías. Los datos utilizados por BusBoy fueron desarrollados y consolidados por un grupo de estudiantes capacitados para usar OpenStreetMap (Trufi Association, 2019).

Durante un período de más de 10 años, sucesivas cohortes de estudiantes del Colegio Salesiano en Duitama, de 8 a 16 años, han estado continuamente mapeando, refinando y expandiendo los datos de transporte público disponibles para la gente de Duitama a través de BusBoy.

Bajo la guía del Prof. Leonardo Gutiérrez, los estudiantes comenzaron a mapear la ciudad en 2010 y publicar los datos en OpenStreetMap. En 2019, Gutiérrez y los estudiantes comenzaron a buscar una manera de convertir este logro de mapeo de varios años en una aplicación que todos los residentes de Duitama pudieran usar.

La colaboración con Trufi Association comenzó y la aplicación se lanzó a finales de 2019. En pocos meses, la aplicación tuvo miles de instalaciones y muchas reseñas de cinco estrellas. El alcalde de Duitama, Alfonso Miguel Silva Pesca dijo que ningún otro municipio colombiano de la misma categoría contaba con una app de planificación de viajes como BusBoy.

### **1.2.5 SIG-T basado en el estándar GTFS realtime (Arica, Chile)**

Colque A. et al., (2018), se basó en el estándar GTFS real time para crear un SIG para el transporte público, en la ciudad de Arica, Chile, con el objetivo de dar seguimiento a los taxis buses de la ciudad, con el uso de geo tecnologías. Este SIG-T lo logra gracias a la experiencia previamente obtenida por la creación de un sistema web para planificar viajes de transporte público de la ciudad ya mencionada.

El Sistema de Información Geográfico de Transporte propuesto fue desarrollado a partir de la integración de software libre, se basa en el uso del estándar GTFS real time. Permite la visualización de la posición actual del taxi buses en el mapa de la ciudad y predecir la llegada de estos a paraderos y la incorporación de mensajes de alertas asociados a problemas en la ruta. Este sistema tuvo como objetivo aportar al ámbito de los SIG-T, una solución de bajo costo que pueda ser implementada en diferentes ciudades del mundo y cuya aplicación debería incentivar el uso del Transporte Público. (Colque A. et al., 2018, p.51)

La estructura utilizada principalmente fue un protocolo petición-respuesta, el cual consistió en una arquitectura de sistema, compuesta por un servidor GTFS real time, está conectado con un software de uso libre llamado Traccar, del cual su principal función era obtener la ubicación de los taxi-buses mediante un GPS y enviarla al servidor GTFS en donde un cliente web hace una consulta http de predicciones y seguimiento, una vez que el servidor tiene la posición vehicular, sera enviada en forma de respuesta al cliente web.

### **1.2.6 Aplicación UAEMex, (Toluca, México)**

La aplicación de la UAEMex (figura 1.3) es una aplicación gratuita la cual está pensada para el uso universitario, tanto como alumnos y personal administrativo tienen acceso a esta mediante un usuario y contraseña, la aplicación ofrece distintas opciones de uso, como; calendario y actividades culturales, deportivas, accesos

directos a las redes sociales de la universidad, también los alumnos pueden ver sus calificaciones, consultar el calendario escolar.

Aunque uno de los usos más importante de esta aplicación es la opción de poder visualizar las rutas y paradas del Potrobús. La cual te da paradas de cada ruta en los distintos espacios universitarios, así como poder visualizar en un mapa la ruta que sigue la unidad. La limitante de esta opción es que lo datos son estáticos y nos mostrados en forma dinámica o en tiempo real. Como se muestra en la figura 1.4

Figura 1.3 APP UAEMex



Fuente: captura de pantalla aplicación UAEMex



Figura 1.4 Captura Potrobús



Fuente: captura de pantalla aplicación UAEMex

Actualmente el sistema de Potrobús cuenta con 13 rutas, siendo agregadas 2 más a partir del semestre escolar 2022B, las cuales son:

- Ruta Colon – Tianguistenco
- Ruta Ocoyoacac

Cabe mencionar que para hacer uso de esta aplicación y poder acceder a conocer cada una de las rutas, es necesario logearse con el número de estudiante o empleado y escribir el código UNIP que se proporciona a cada alumno.

Si bien este proyecto no usa el estándar GTFS, representa el principal antecedente de digitalización del Sistema de Transporte Universitario Potrobús.

### 1.2.7 Muevetex, (Toluca, México)

Muevetex es un emprendimiento enfocado a la mejora de la experiencia en desplazamientos en transporte público (MUEVETEX, 2021) mediante una aplicación llamada 'Muevetex', además de crear un canal de comunicación directo entre los actores claves que son: usuarios, gobierno y transportistas; todo lo anterior realizado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), tiene el propósito de ayudar a las usuarias y usuarios de transporte público de la ZMVT a llegar a sus destinos.

El equipo de Muevetex y Servicios está conformado por 3 personas, realizando actividades en campo, como se muestra en la figura 1.5 para la digitalización de rutas de transporte público.

Figura 1.5 Muevetex



*Fuente: Imagen tomada del periódico MILENIO*

Desde mayo de 2020 comenzaron con 10 rutas de transporte público mapeadas para julio de 2021 ya cuentan con el mapeo de 296 rutas de transporte público en la ZMVT, lanzando así el 29 de julio de 2021 su MVP, una aplicación llamada MUEVETEX donde los usuarios de transporte público de la zona pueden consultar información de rutas de transporte público, transmitir alertas de tráfico o de violencia de género, así como calificar el servicio. Además de realizar la primera digitalización completa de rutas de transporte público y creación de formatos GTFS para la ZMVT, como se nota en la figura 1.6. (Muevetex, 2021).

Figura 1.6 Muevetex Peridico

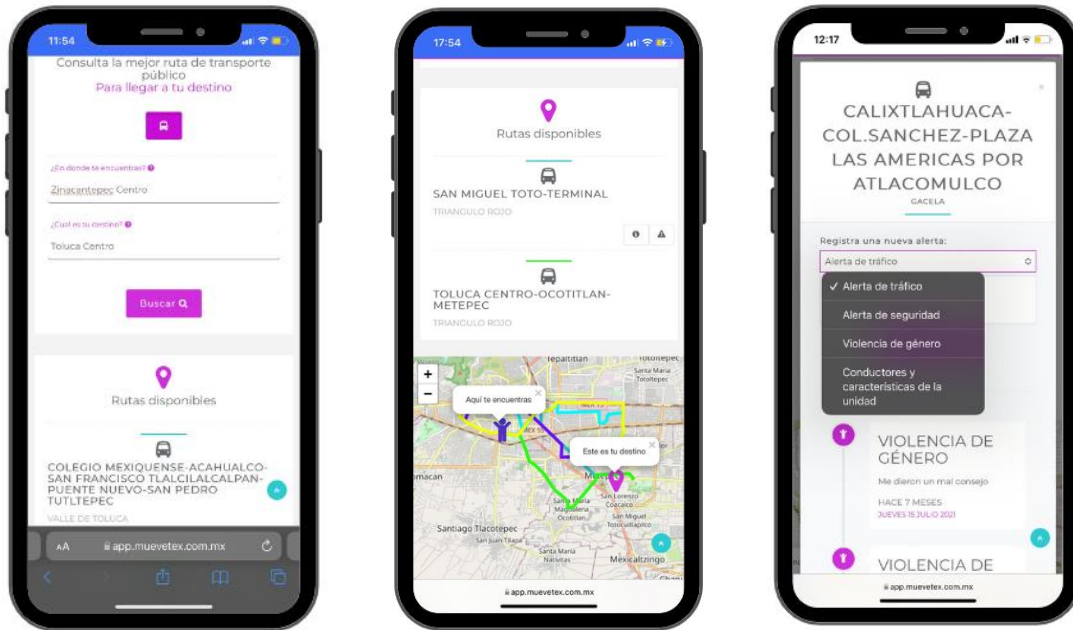


Fuente: captura de pantalla de la cuenta oficial MUEVETEX en facebook

Aplicación Muevetex: en esta aplicación web los usuarios de transporte público pueden visualizar información y rutas de transporte público en la ZMVT, mostrando aspectos como: lugares por donde pasa la ruta, tiempos estimados de espera y una

foto del autobús; también cuenta con una sección de alertas que pueden realizar en tiempo real, los tipos de alertas van desde violencia de género y tráfico hasta calificar el servicio de transporte público, como se ve en la figura 1.7.

Figura 1.7 Capturas de pantalla de Muevetex



Fuente: Capturas de pantalla de interfaz de usuario aplicación Muevetex

## 1.3 Tendencias en la digitalización del transporte público

### 1.3.1 Open Trip Planner

La página oficial de Open Trip Planner (OTP) dice que es un conjunto de proyectos de software de código abierto que proporciona información a los pasajeros y servicios de análisis de redes de transporte.

Consta de una componente java del lado del servidor donde encuentra itinerarios que combina segmentos de tránsito, peatones, bicicletas y automóviles mediante

redes construidas con datos de OSM y GTFS de estándar abierto. Se puede acceder a este servicio directamente a través de su API web o utilizando una gama de bibliotecas de cliente javascript, incluidos los componentes modulares reactivos modernos dirigidos a plataformas móviles.

Lanzado en 2009, el proyecto ha atraído a una próspera comunidad de usuarios y desarrolladores, recibiendo apoyo de agencias públicas, nuevas empresas y consultorías de transporte por igual. OTP impulsa los servicios regionales y nacionales de planificación de viajes en todo el mundo, así como varias aplicaciones móviles populares de varias ciudades. (web de OpenTripPlanner)

### 1.3.2 R5R

Es un paquete R para un enrutamiento rápido y realista en redes de transporte multimodal (a pie, en bicicleta, en transporte público y en automóvil) utilizando R<sup>5</sup>. El paquete permite a los usuarios generar análisis de enrutamiento detallados o calcular matrices de tiempo de viaje utilizando computación paralela perfecta en la parte superior de la R<sup>5</sup> <https://github.com/conveyal/r5> de máquinas Java (Pereira, et.al. 2022).

**r5r** es una forma sencilla de ejecutar R<sup>5</sup> localmente, lo que permite a los usuarios generar análisis de enrutamiento detallados o calcular matrices de tiempo de viaje y accesibilidad utilizando computación paralela sin problemas. (Ipea – Instituto de Investigación Económica Aplicada. S.f.).

Este paquete contiene 5 funciones primordiales que son:

- `setup_r5()`
- `accessibility()`
- `travel_time_matrix()`
- `expended_travel_time_matrix()`

- `detailed_itineraries()`

Para un correcto uso del paquete `r5r` se deben tener los siguientes archivos: de forma obligatoria un conjunto de datos de red de carreteras de OSM en formato (`.pbf`); de forma opcional un feed de transporte público en formato (`GTFS.zip`) por último, de forma opcional un archivo ráster de datos del modelo de elevación digital en formato (`.tif`), como se puede notar en la figura 1.8.

Figura 1.8 Código para R5R

```
# allocate RAM memory to Java
options(java.parameters = "-Xmx2G")

# 1) build transport network, pointing to the path where OSM and GTFS data are stored
library(r5r)
path <- system.file("extdata/poa", package = "r5r")
r5r_core <- setup_r5(data_path = path, verbose = FALSE)

# 2) load origin/destination points and set arguments
points <- read.csv(system.file("extdata/poa/poa_hexgrid.csv", package = "r5r"))
mode <- c("WALK", "TRANSIT")
max_walk_time <- 30 # minutes
max_trip_duration <- 60 # minutes
departure_datetime <- as.POSIXct("13-05-2019 14:00:00",
                                format = "%d-%m-%Y %H:%M:%S")

# 3.1) calculate a travel time matrix
ttm <- travel_time_matrix(r5r_core = r5r_core,
                          origins = points,
                          destinations = points,
                          mode = mode,
                          departure_datetime = departure_datetime,
                          max_walk_time = max_walk_time,
                          max_trip_duration = max_trip_duration)

# 3.2) or get detailed info on multiple alternative routes
det <- detailed_itineraries(r5r_core = r5r_core,
                            origins = points[370, ],
                            destinations = points[200, ],
                            mode = mode,
                            departure_datetime = departure_datetime,
                            max_walk_time = max_walk_time,
                            max_trip_duration = max_trip_duration,
                            shortest_path = FALSE,
                            drop_geometry = FALSE)

# 4) Calculate number of schools accessible within 20 minutes
access <- accessibility(r5r_core = r5r_core,
                        origins = points,
                        destinations = points,
                        opportunities_colname = "schools",
                        decay_function = "step",
                        cutoffs = 21,
                        mode = c("WALK", "TRANSIT"),
                        verbose = FALSE)
```

Fuente: captura de pantalla del script `r5r` del sitio: [ipeagit.github.io/r5r](https://ipeagit.github.io/r5r)

### **1.3.3 Smart Cities**

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE menciona que una Smart City se basa en el uso de las tecnologías para mantener un funcionamiento óptimo, en donde se visualiza la infraestructura urbana que conecta a las personas con su entorno, así mismo a las personas con otras personas, todo se hace posible con la implementación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y con el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en ingles)

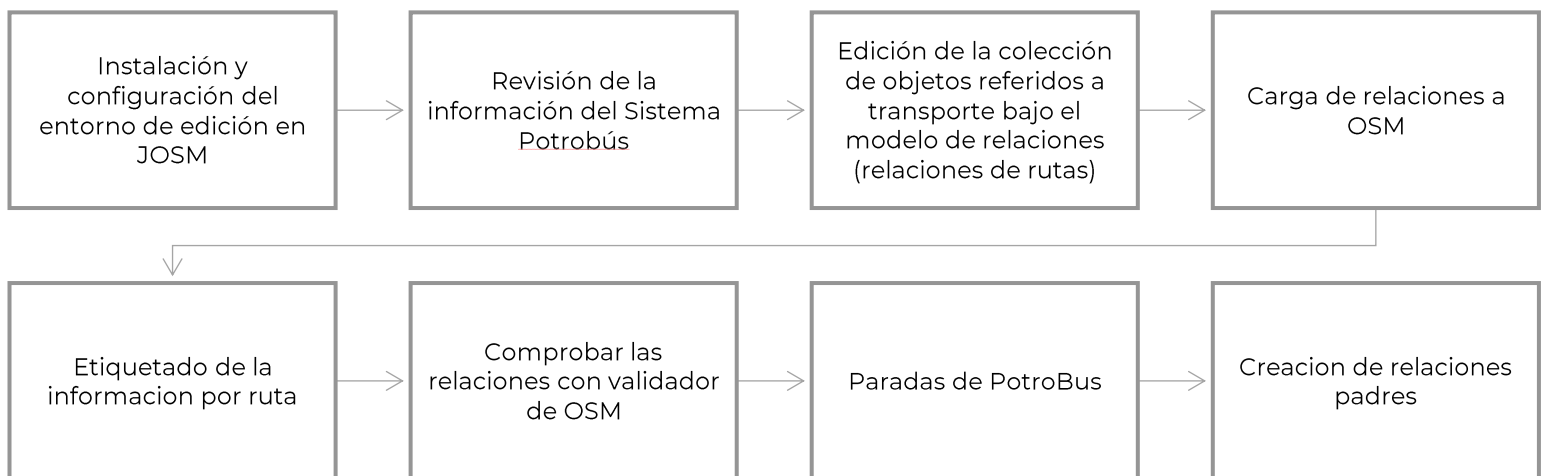
Estas tecnologías tienen como fin producir un big data (datos masivos) que se capturan con distintos dispositivos, como teléfonos celulares, sensores, computadoras, medios de transporte, edificios inteligentes, etc., con el objetivo de tener suficiente información para poder hacer más eficiente la funcionalidad sistemática de una ciudad. Esta información permite reducir consumos de energía, haciendo los flujos de personas y bienes más rápidos y eficientes, lo cual promueve nuevas y diversas tecnologías en distintos ámbitos, como medios de transporte automatizados. (CONUEE, 2017)

## Capítulo II Metodología

A continuación, hacemos mención del proceso realizado para la obtención del modelo de relaciones de cada ruta, las cuales son esenciales para poder ser subidas a OSM y puedan ser usadas de forma libre para la obtención de GTFS en futuros proyectos.

De acuerdo con los pasos realizados durante todo este proceso se construye un marco de trabajo secuencial descrito en la figura 2.1.

Figura 2.1 Esquema metodológico para la digitalización de rutas de transporte del Potrobús



*Fuente: Elaboración propia*



## 2.1 Instalación y configuración del entorno de edición en JOSM

La instalación de JOSM no es de gran complejidad, es una instalación como cualquier otro software en Windows, al iniciar JOSM por primera vez se requirió instalar algunos plugin adicionales o complementos, los cuales fueron de ayuda para poder cargar los archivos necesarios, así como herramientas para algunos procesos, los plugin utilizados en este proyecto se describen más a detalle en Anexo 1.

## 2.2 Revisión de la información del sistema Potrobús

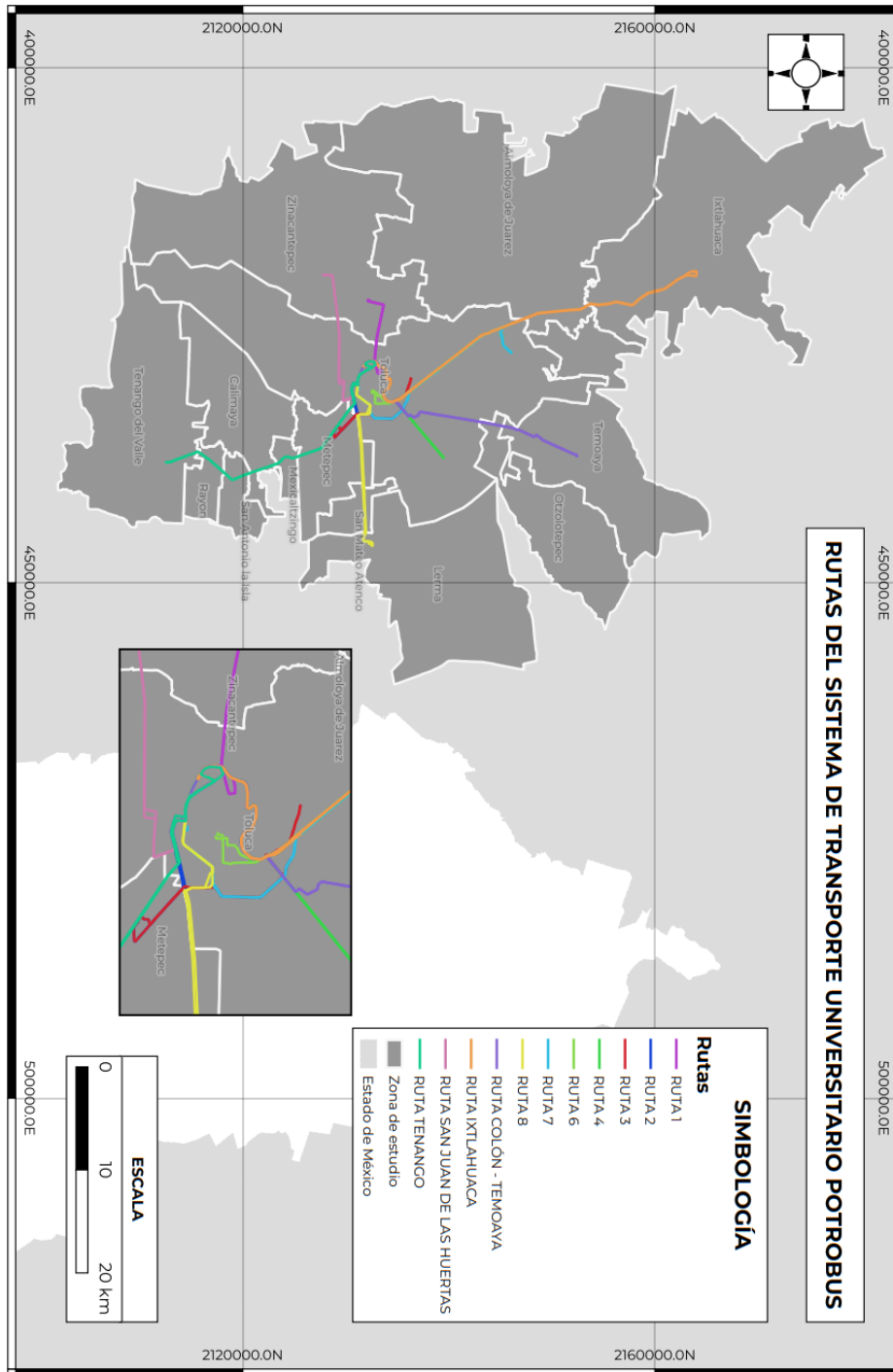
En este proyecto se tomó como estudio las rutas del Potrobús, las cuales no están disponibles directamente para su uso desde la aplicación UAEMex o alguna otra plataforma para su descarga; fueron solicitadas a la Dirección de Sistema de Transporte Universitario, y es importante señalar que la información de las rutas proporcionadas y usadas para este proyecto fueron 11 rutas, con fecha de entrega en febrero de 2022 (Figura 2.2).

Figura 2.2. Rutas de 'POTROBÚS'

	Nombre	Descripción		Nombre	Descripción
1	Ruta Blanca	Metepec - Los Uribe	7	Ruta Tenango	Tenango - C.U.
2	Ruta Ixtlahuaca	Ixtlahuaca - C.U.	8	Ruta Santiago Tianguistenco	S. Tianguistenco - Colón
3	Ruta Olivo	Lerma - C.U.	9	Ruta Verde	Metepec - C.U.
4	Ruta Oro	Zinacantepec - Colón	10	Ruta Rectoría - Cerrillo	Rectoría - Cerrillo
5	Ruta Plata	Sauces - Colón	11	Ruta Terminal - Cerrillo	Terminal - Cerrillo
6	Ruta San Juan de las Huertas	S. J. Huertas - C.U.			

*Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMex*

Figura 2.3 Mapa Rutas Potrobús



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMex

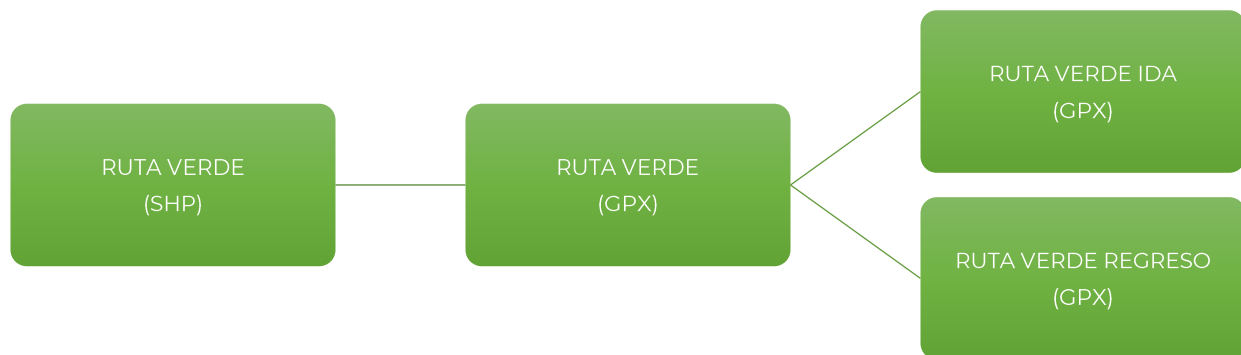
Los datos proporcionados por la Dirección de Transporte Universitario fueron entregados en formato shapefile, para su uso en cualquier tipo de SIG, aunque este formato no era de mucha ayuda dentro del entorno de JOSM, por lo que fue necesario convertir cada uno de los shapefile a un formato llamado GPX, el cual permitió un mejor manejo de la información al momento de crear las relaciones de las rutas.

Se cargaron las rutas de Potrobús individualmente, un solo archivo contaba con la ruta completa (ruta de ida y de regreso), por lo que fue necesario seleccionar primero una ruta, copiarla y pegarla en una nueva capa, para poder exportar cada ruta por separado en sentido de ida y vuelta para así poder extraer la traza GPX de cada una, esto fue hecho para todas las rutas en ambos sentidos.

Para efectos de explicación del proceso se ejemplifica tomando una de las rutas.

Figura 2.4

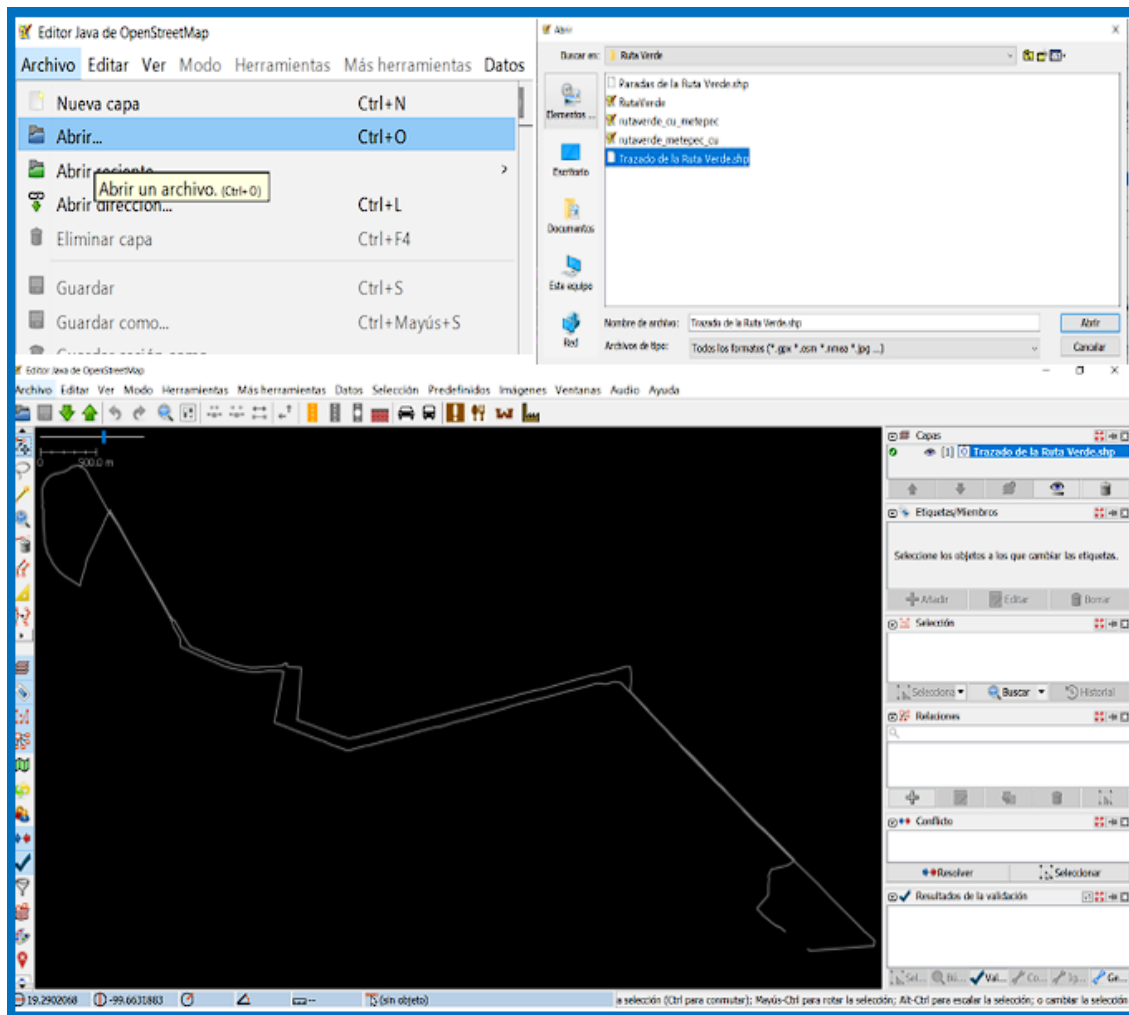
Figura 2.4 Ruta verde a GPX



*Fuente: formatos de rutas (elaboración propia).*

A continuación, se muestra la secuencia para llevar a cabo la conversión de rutas de formato GPS a GPX. Figura 2.5

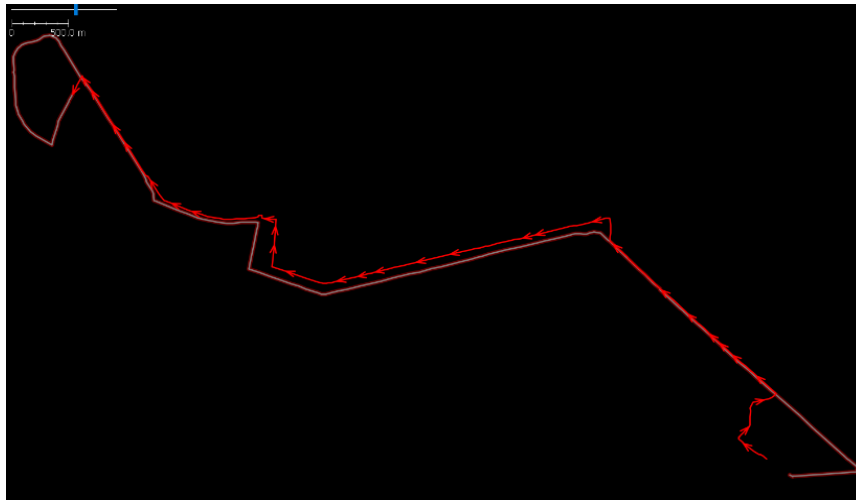
Figura 2.5 Carga de capas shp



Fuente: Captura de pantalla de JOSM

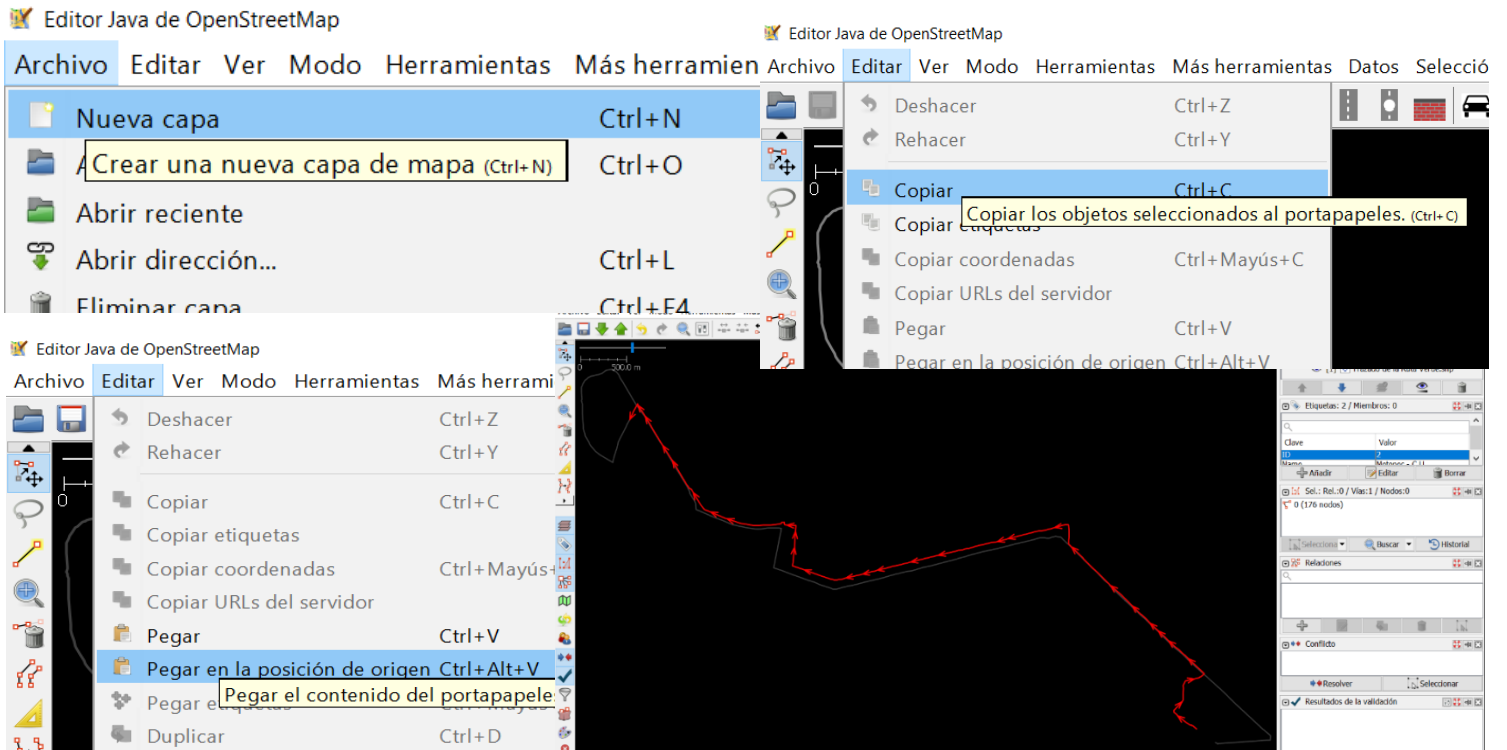
Para cada ruta y sentido se selecciona la geometría, generando una nueva capa que dará lugar a la posterior conversión de formato.

Figura 2.6 Rutas ida y vuelta en JOSM



Fuente: Captura de pantalla de JOSM

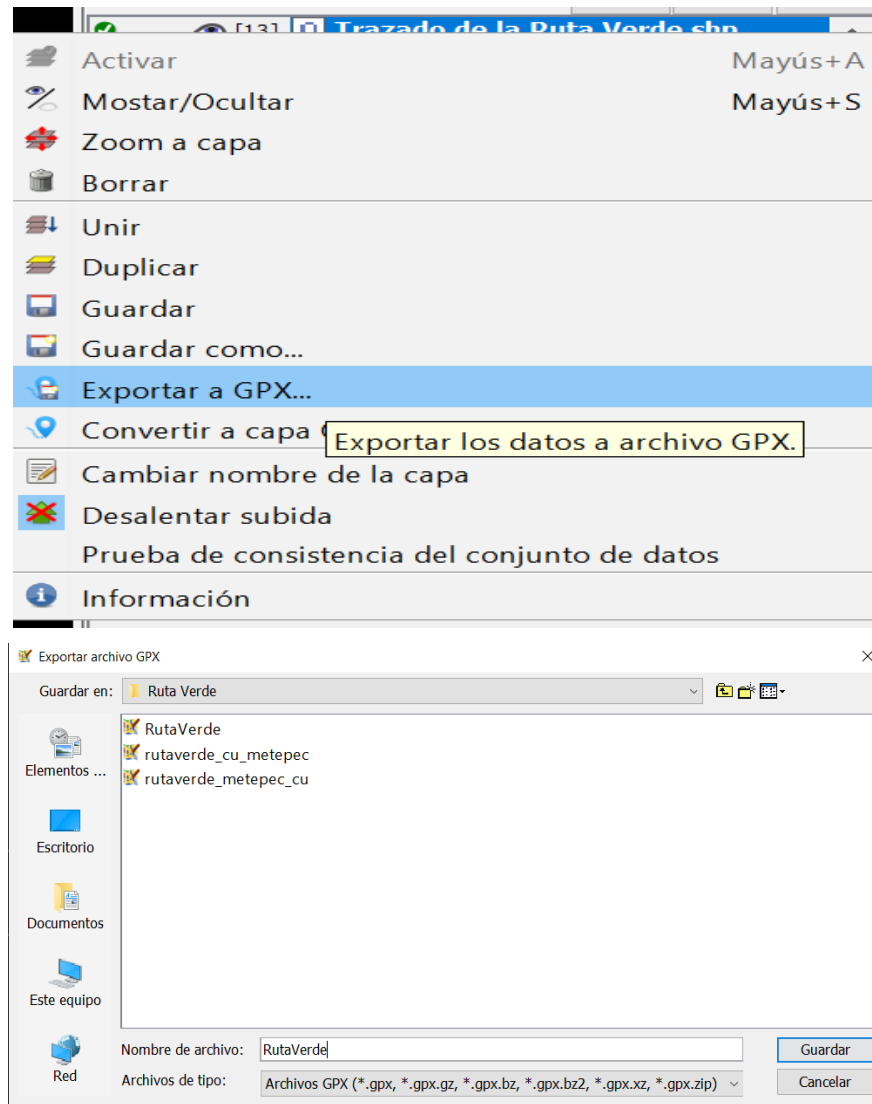
Figura 2.6.1 separación de Rutas



Fuente: Captura de pantalla de JOSM

Una vez obtenida las rutas por separado, tanto en ida como de regreso en JOSM, procedimos a convertir cada capa shp a GPX (Figura 2.7), esto con la finalidad de poder descargar los datos necesarios de OSM y trabajar de una forma más rápida.

Figura 2.7 Conversión de shp a GPX



Fuente: Herramienta para exportar en JOSM, captura de pantalla

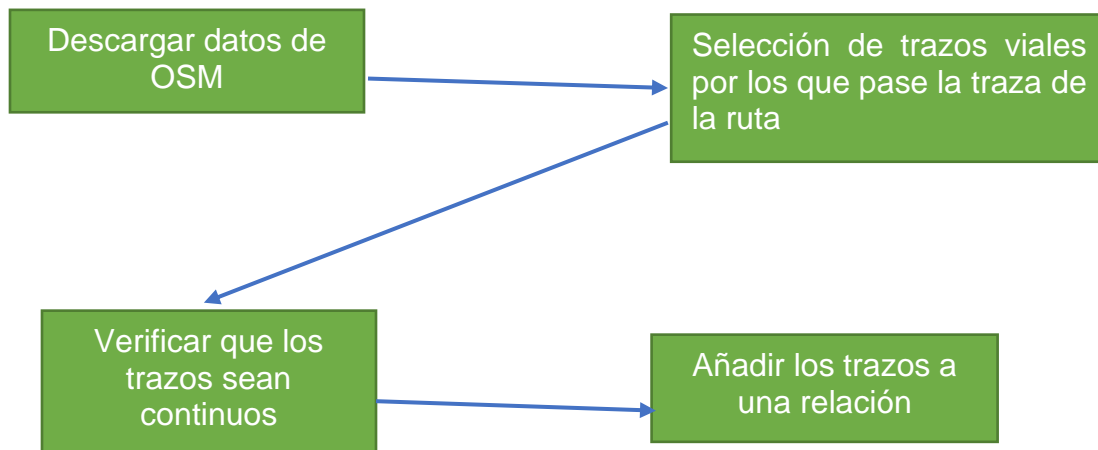
## 2.3 Edición de la colección de objetos referidos a transporte bajo el modelo de relaciones

Una vez finalizada la conversión de rutas desde el editor JOSM, corresponde hacer creación de las relaciones por rutas usando datos descargados directamente de la plataforma OSM.

El proceso para crear las relaciones es sencillo usando las trazas GPX, las cuales nos facilitan la obtención de los datos viales en OSM, solo aquella información que coincide con la traza GPX, así se evitó descargar mucha información innecesaria.

El proceso se describe en la figura 2.8

Figura 2.8 Metodología para crear relaciones en JOSM

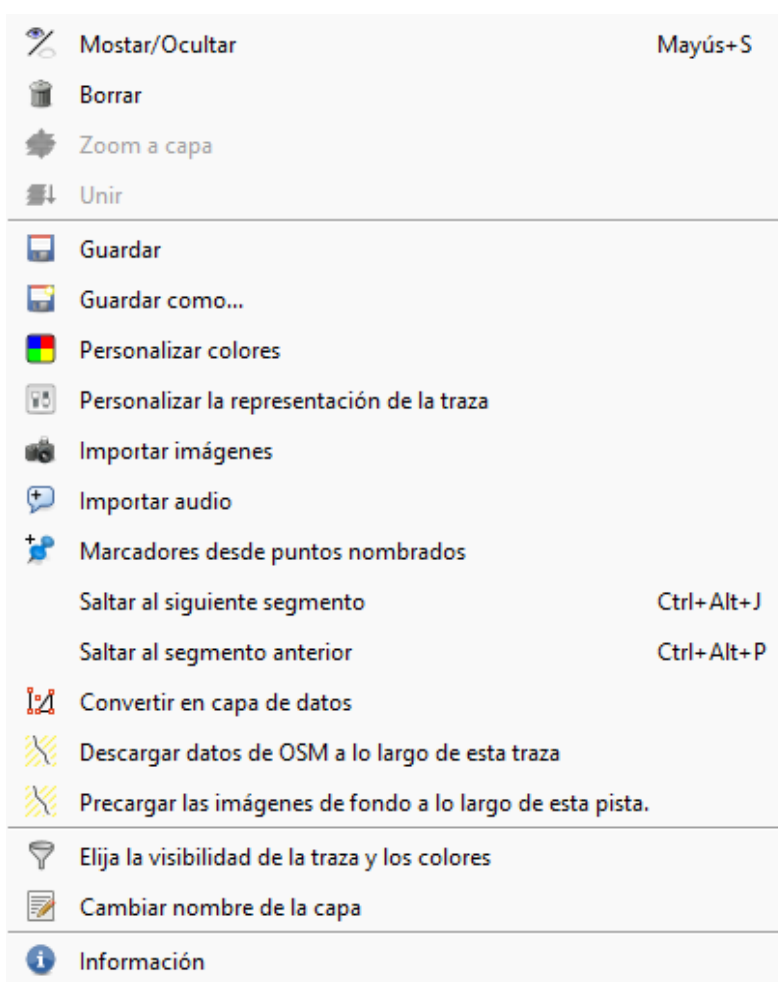


*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3.1 Descarga de datos OSM

Con la traza GPX solo fue necesario dar click derecho sobre esta para que se desplegara una ventana, en donde la opción es Descargar datos OSM a lo largo de la traza (figura 2.9) esta opción nos mandó a otra ventana donde podemos especificar que distancia queremos alrededor de la traza para que descargue la información, así como que tipo de datos (figura 2.9.1)

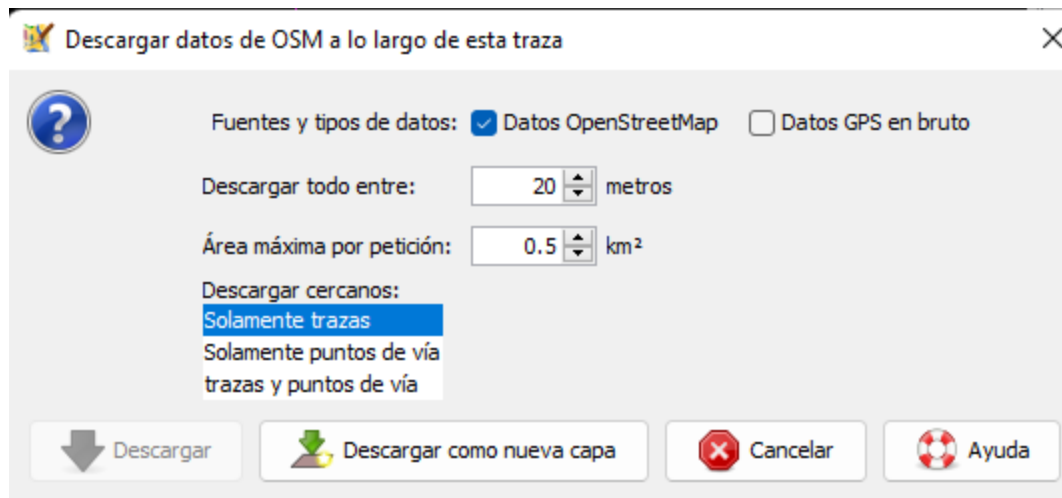
Figura 2.9 Descarga de datos OSM



Fuente: Captura de pantalla del editor JOSM



Figura 2.9.1 Opciones de descarga de datos OSM



Fuente: Captura de pantalla del editor JOSM

### 2.3.2 GPX a trazas en OSM

Posteriormente se subieron desde la cuenta en conjunto a OSM las trazas GPX de las rutas de 'POTROBÚS' para obtener el *ID de la Traza GPX* como se aprecia en la figura 2.10

Figura 2.10 Subir trazas



Fuente: Captura de pantalla de OSM

Se buscó la opción de Trazas GPS (figura 2.10.1), en esta pantalla se completó el formulario con los datos de las trazas GPX, esto fue necesario para todas las rutas.

Figura 2.10.1 Obtener ID de trazas

**Subir traza GPS**

Cargar archivo GPX  
RUTA BLANCA 1.gpx Browse

Descripción  
Ruta blanca Potro bus

Etiquetas  
potrobus  
delimitado por comas

Visibilidad  
Trazable (solo compartido como anónimo, puntos ordenados con marcas de tiempo)

[Subir](#) [Ayuda](#)

Esperando niwik.openstreetman.org...

Su archivo GPX se ha cargado y está esperando su inserción en la base de datos. Por lo general, esto sucederá en media hora y se le enviará un correo electrónico al finalizar.

### Mis rastros

Explorar los itinerarios GPS recién subidos

Todos los trazos **Mis rastros** Subir una traza

Trazas más recientes Página 1 Trazas más antiguas

**PENDIENTE** ruta\_blanca2.gpx **RASTRABLE**  
hace menos de 1 minuto por MappingRoutesPetro en Potrobus  
#PotrobusTesis

Trazas más recientes Página 1 Trazas más antiguas

<https://www.openstreetmap.org/user/MappingRoutesPetro/traces/4402772>

Fuente: Captura de pantalla de OSM

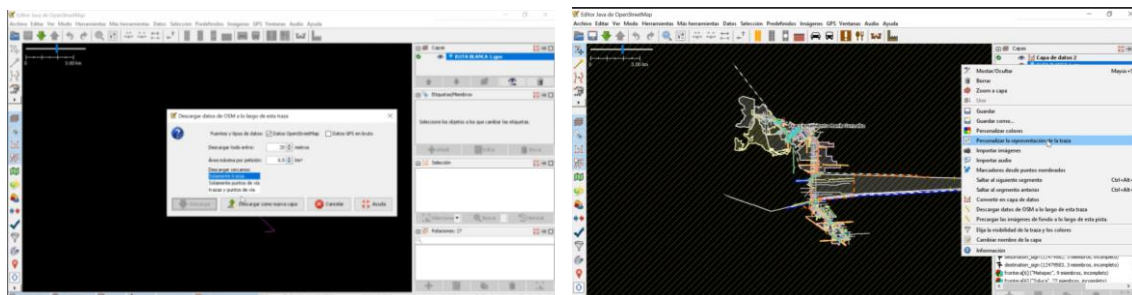
Una vez contando con el total de 22 trazos GPX y 22 ID obtenidos de cada una de las rutas guardamos los ID proporcionado por la plataforma de OSM, esto con el fin de ser usados más adelante dentro de la investigación lo cual facilitaría las subidas de las relaciones a OSM

## 2.4 Carga de relaciones a OSM

Para la creación de trazas gpx con contenido de calles de cada una de las rutas del Potrobús se realizaron procedimientos de corte de calles, avenidas sobre las que realiza el recorrido cada una de las rutas.

Usando la traza gpx de ida o regreso de cada una de las rutas se procedió a la descarga de los datos de vía, esto para, no descargar demasiada información innecesaria en cuestión de vías y poder realizar los cortes de calles/avenidas para las rutas como se muestra en la figura 2.11

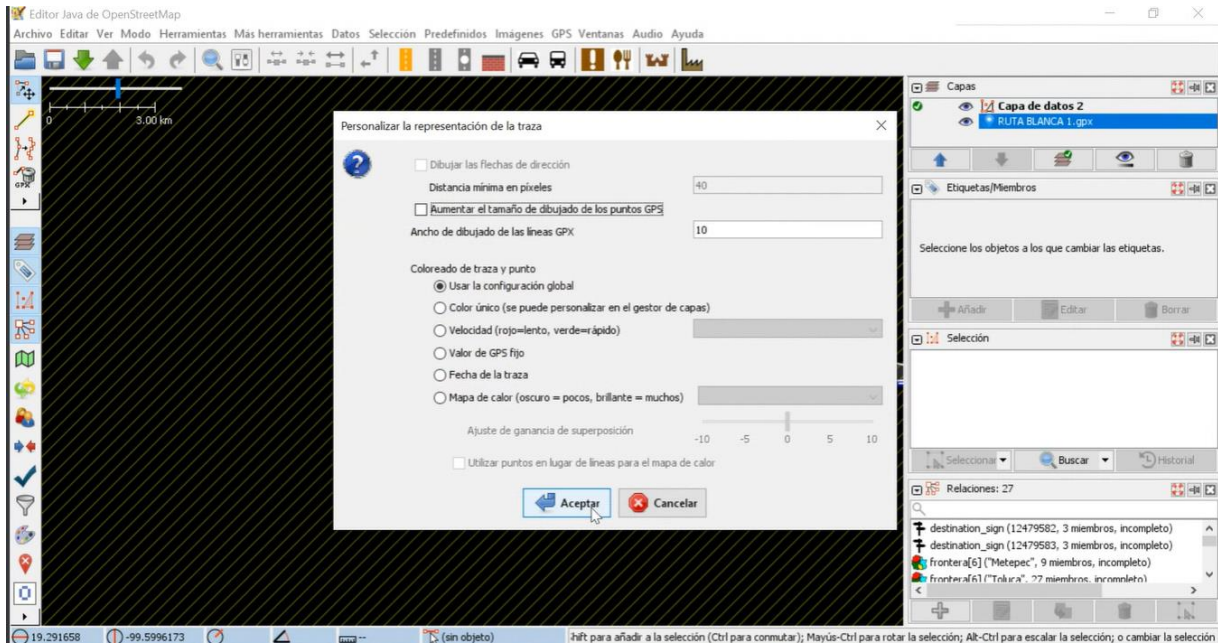
Figura 2.11 Descarga de datos de vía



Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM

Una vez obtenida la información de las vías de las rutas podrá no reconocerse a simple vista por lo que se recomienda realizar una edición de la línea de la ruta para comenzar los cortes de las calles sin problemas como muestra la figura 2.12.

Figura 2.12 Edición de línea

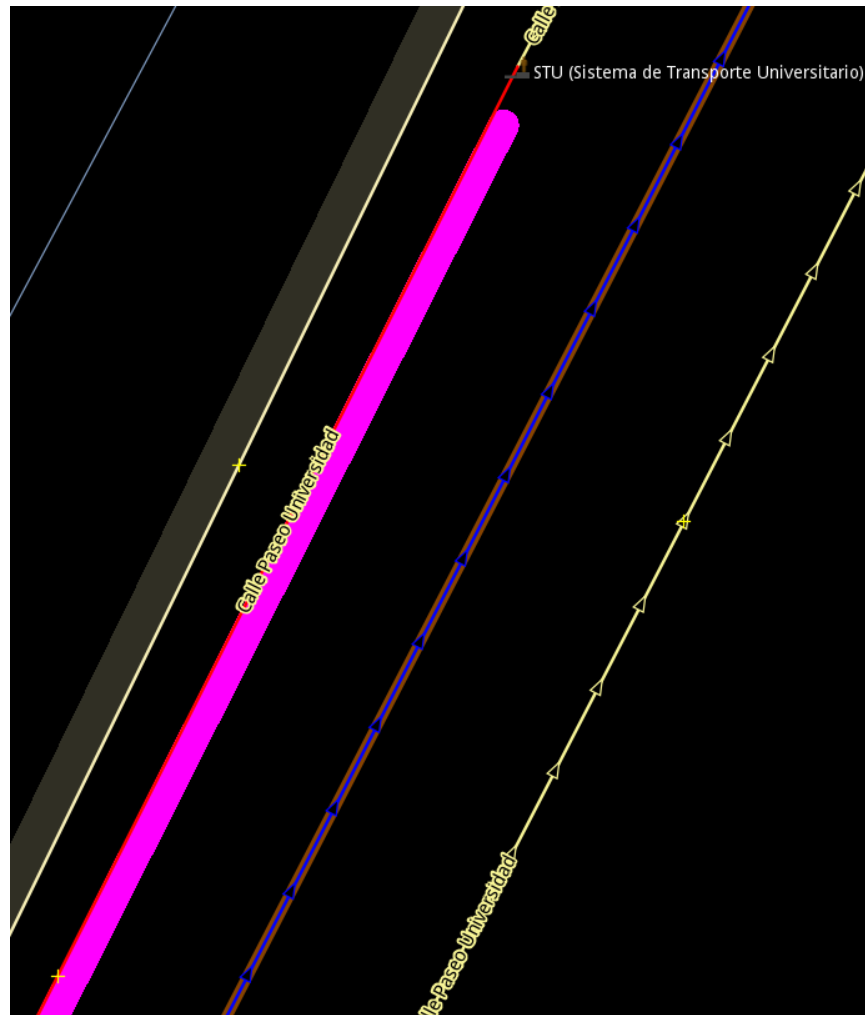


*Fuente: captura de pantalla de la plataforma*

Con el orden adecuado se podrá realizar la segmentación de vías, que es seleccionar las vialidades por las que la ruta realiza su recorrido, para posteriormente realizar cortes y obtener segmentos, los cuales servirán para realizar una relación para la construcción de la ruta.

Para iniciar se seleccionó la vía (de acuerdo con el sentido de la ruta elegida origen/destino) como se muestra en la siguiente figura 2.13

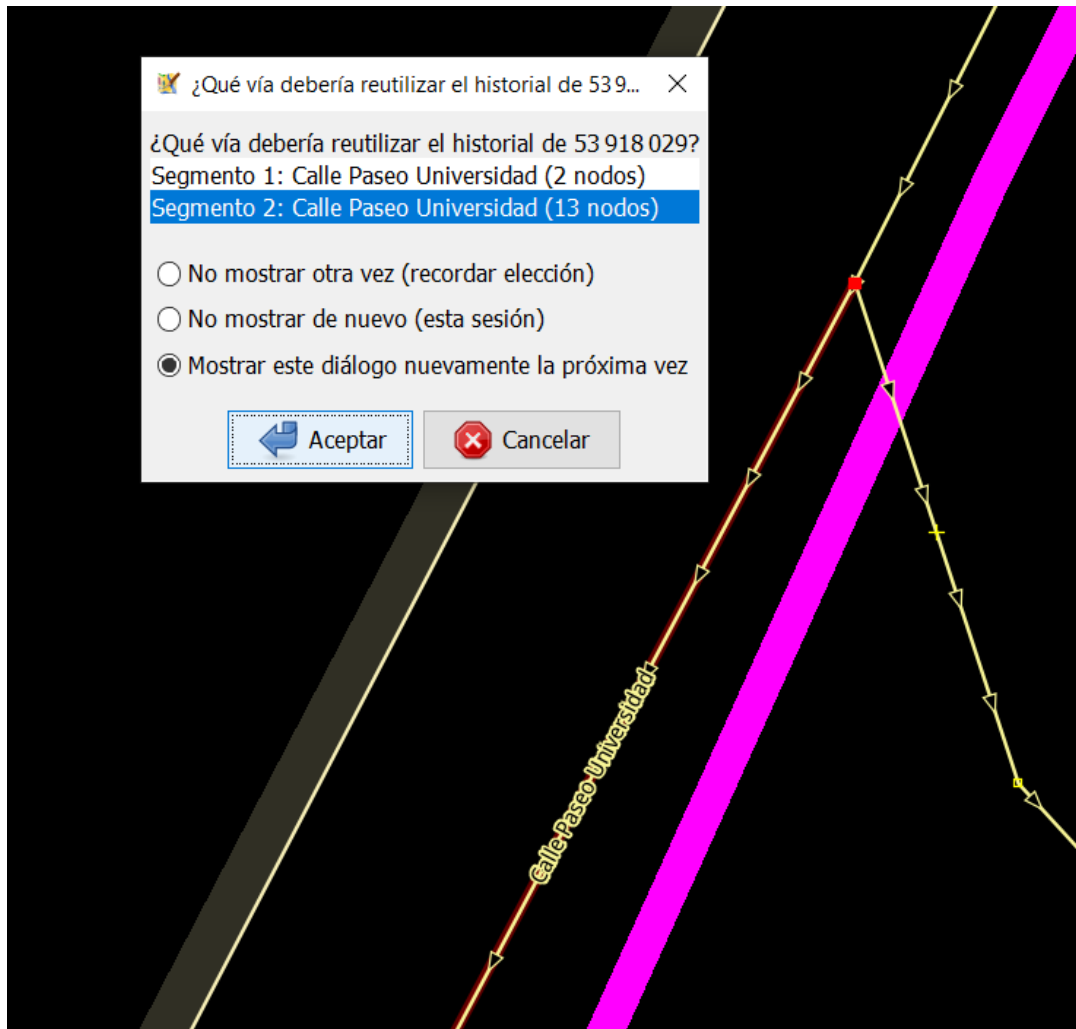
Figura 2.13 Selección de vías



*Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM*

Algunas rutas no pasaban por la vía completa que se ha seleccionado entonces se seleccionó el nodo (con clic izquierdo), una vez seleccionado el nodo a segmentar presionamos la tecla P y nos mostró una ventana para confirmar la operación, como podemos observar en la figura 2.14

Figura 2.14 Selección de nodos

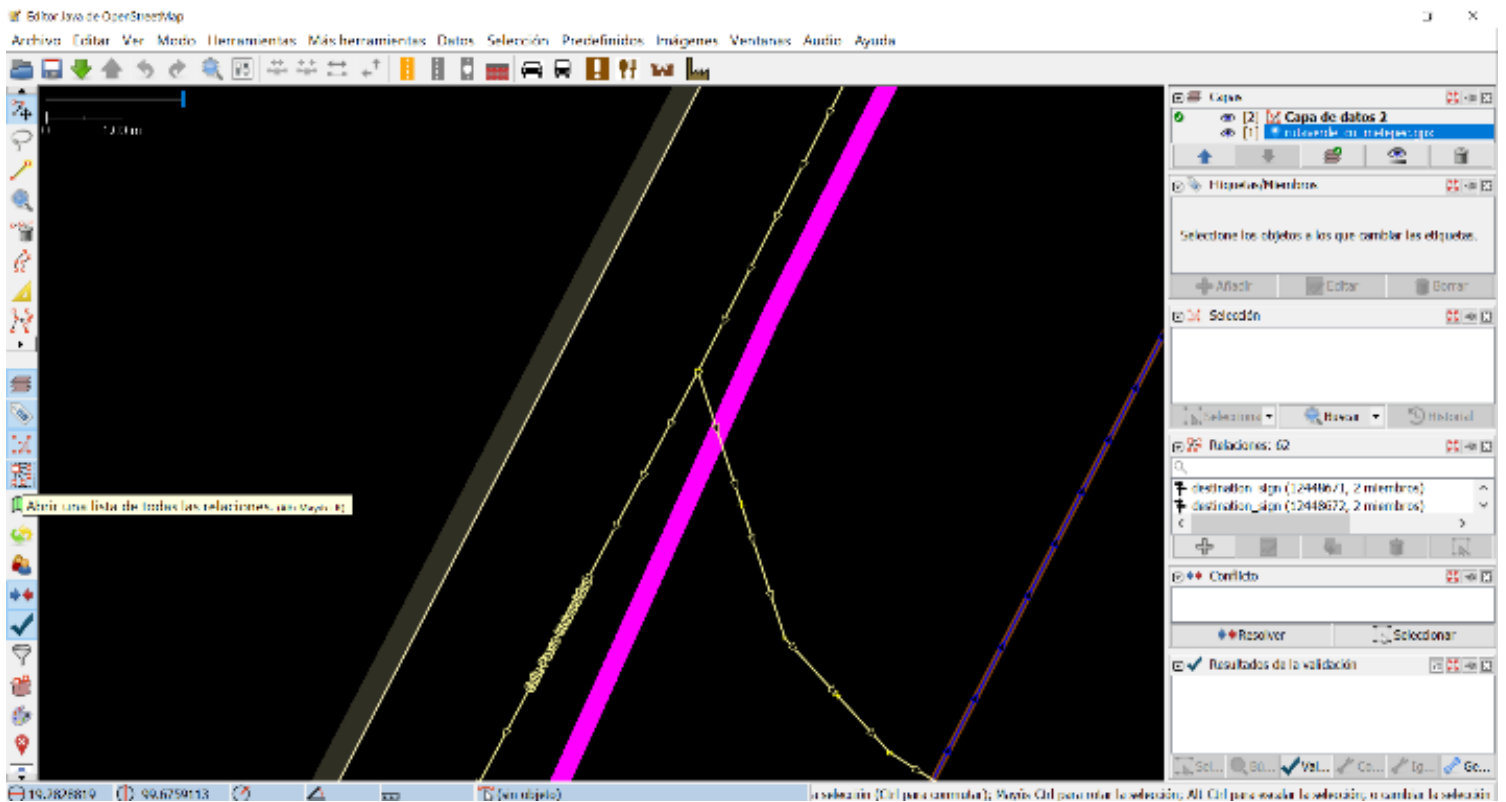


*Fuente: captura de pantalla de la plataforma*

Una vez realizado el corte de segmentos de vías de la ruta se procedió a realizar la unión de vías para iniciar con la relación de cada ruta.

Para la creación de las relaciones se activó la herramienta de relaciones en JOSM como en la figura 2.15

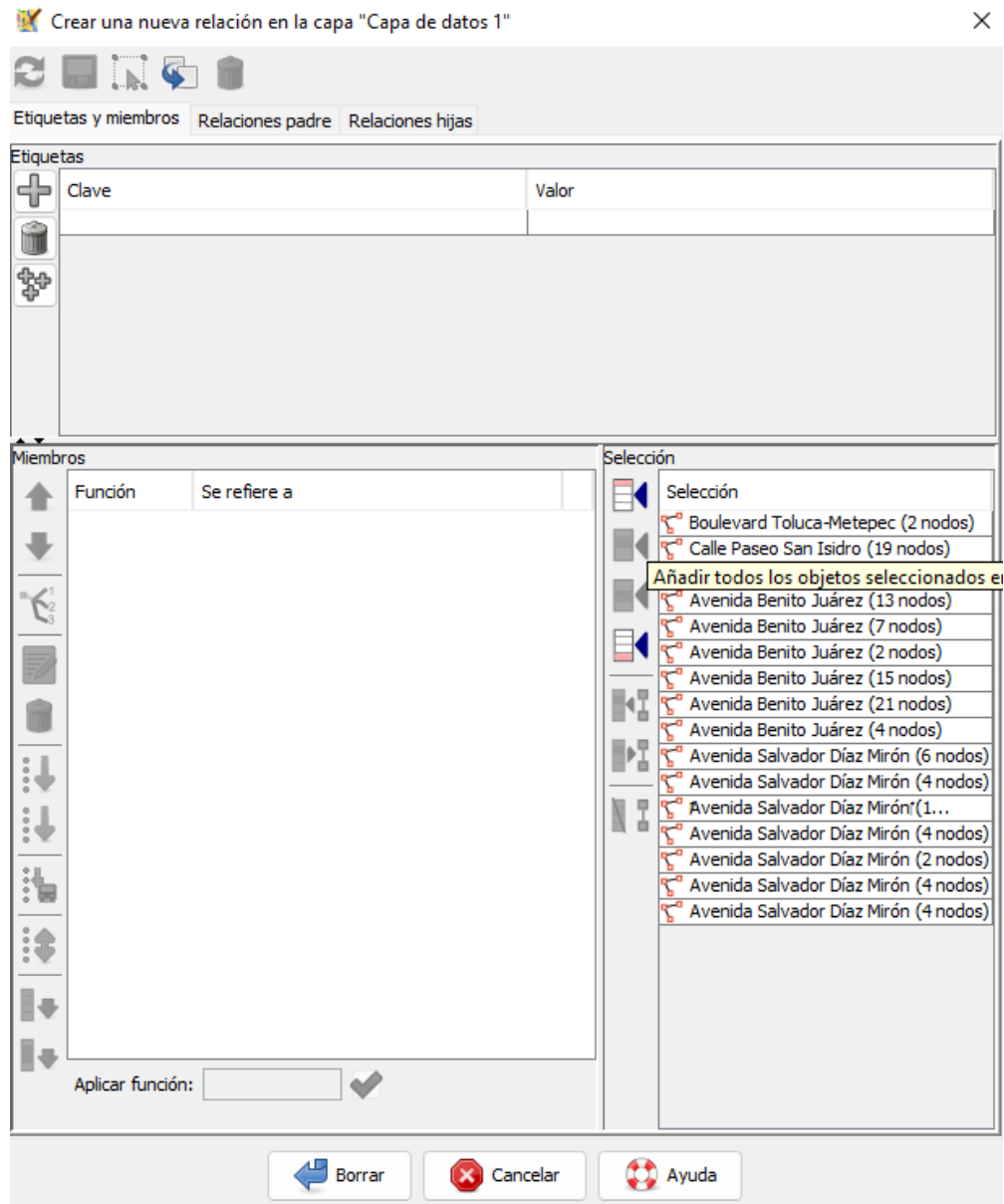
Figura 2.15 Herramienta de relaciones



*Fuente: captura de pantalla de la plataforma*

Con los trazos totales que cubrían la ruta en cuestión, se procedió a añadirlos a una relación, para esto la ventana de crear una nueva relación en la capa mostró los trazos (figura 2.16) de vía seleccionados, el siguiente paso fue agrupar todos los nodos del lado izquierdo esto se logró con la flecha azul esta manda los trazos de vía al lado izquierdo (figura 2.16.1), donde se verificó a detalle la continuidad de los trazos, por último en la parte superior se le añadió una etiqueta para poder guardar la relación de la ruta, esto se realizó para ambos sentidos.

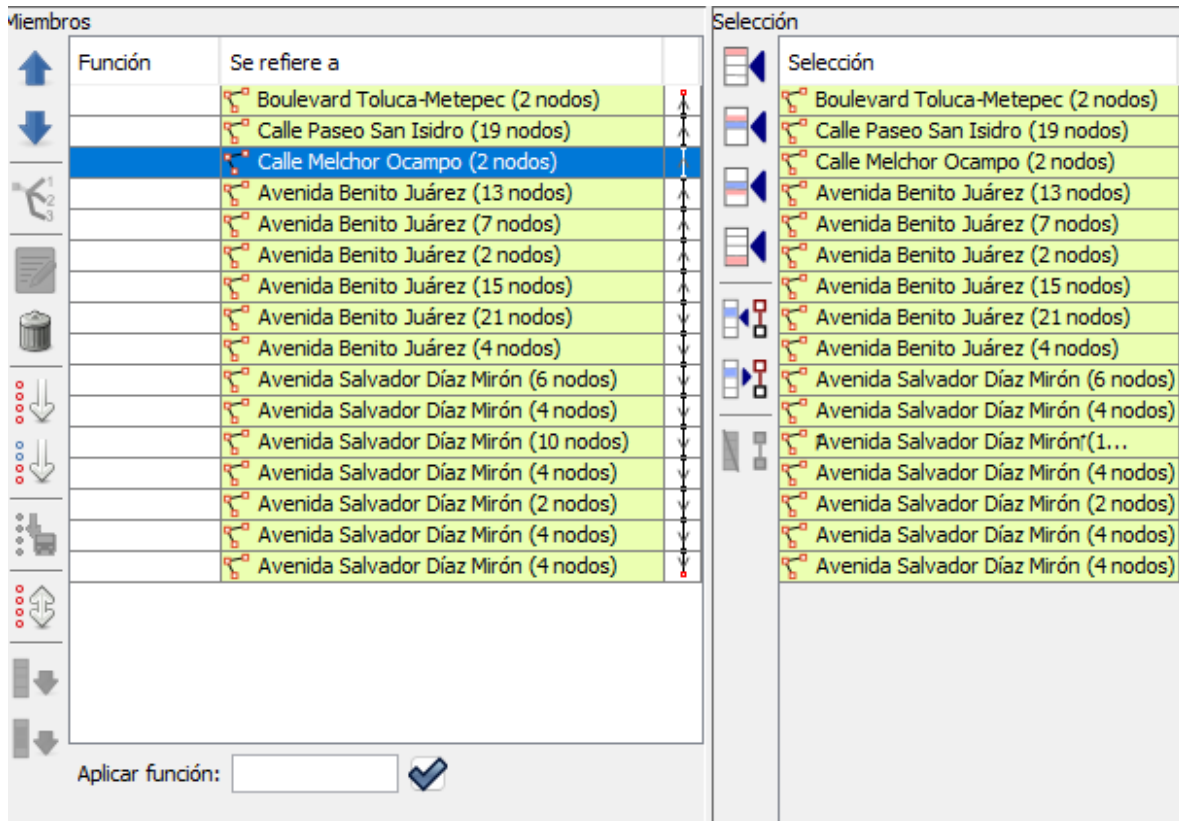
Figura 2.16 Crear relaciones en JOSM



Fuente: captura de pantalla de la plataforma



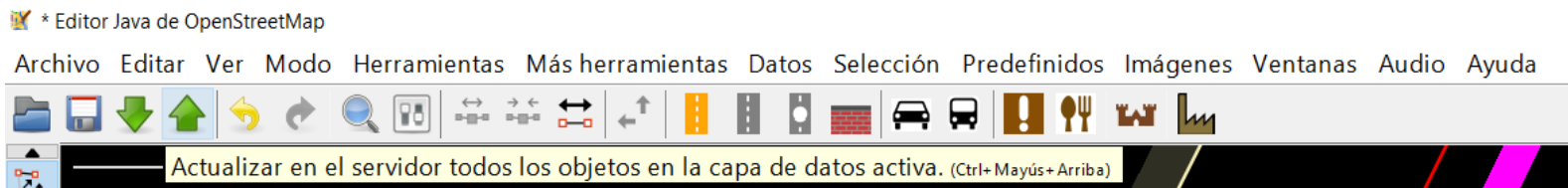
Figura 2.16.1 Corroborar la continuidad de los trazos



Fuente: Captura de pantalla del editor JOSM

Teniendo todas las relaciones tanto en sentido de ida como de vuelta, procedimos a subirlas a OSM, el editor de JOSM nos permitió realizar lo anterior desde su entorno, solo hubo necesidad de ingresar con una cuenta OSM, por lo que se creó una cuenta colaborativa, con el propósito de que todo fuera subido desde un mismo usuario, dicha cuenta quedo con el nombre de MappingRoutesPetro. Figura 2.17

Figura 2.17 Subir relación

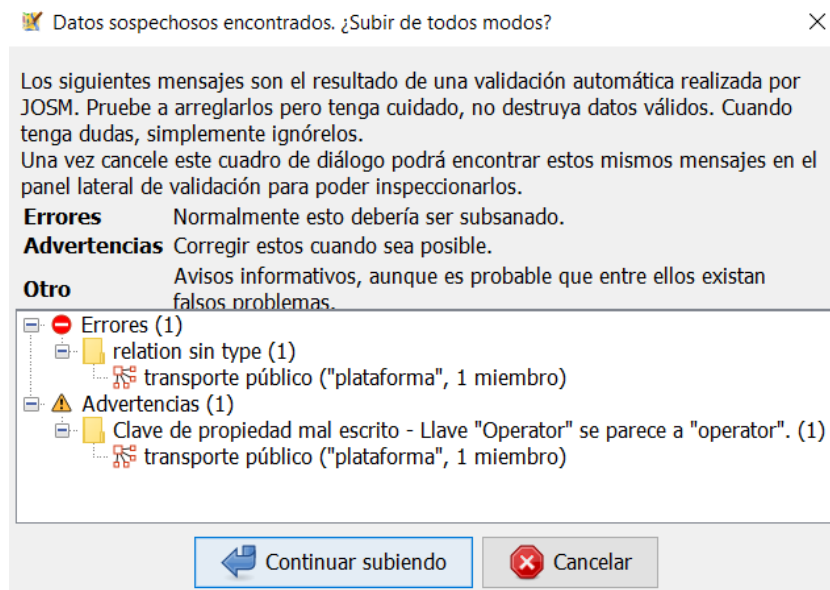


*Fuente: captura de pantalla de la plataforma*

Al subir las relaciones, se visualizó el recuadro con errores, se tuvo cuidado con esta sección de errores y advertencias, la recomendación por parte de Trufi es resolverlos para obtener un mejor resultado de relación para las rutas como en la figura 2.18.

Finalmente se subió la relación a los servidores de OSM, la cual se vio reflejada en el mapa de OSM.

Figura 2.18 Advertencias



*Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM*

Figura 2.19 Subir

Subir a 'https://api.openstreetmap.org/api/0.6/'

1 objeto para añadir:  
transporte público ("plataforma

Descripción (para proporcionar información adicional sobre el elemento) Preferencias

Introduzca un breve comentario sobre los cambios que se van a subir:

#tesispotrobús

✓ ¡Gracias por proporcionar un comentario al conjunto de cambios! Esto le da a otros mapeadores una mejor comprensión de su propósito.

Especifique el origen de datos para los cambios

Obtener automáticamente la fuente de las capas actuales (sólo una vez)

knowledge

✓ ¡Gracias por indicar la fuente de datos!

Preferencias:

- Los objetos son subidos a un **nuevo conjunto de cambios**.
- El conjunto de cambios va a **cerrarse** después de esta subida
- Subiendo **1 objeto** a **1 conjunto de cambios** usando **1 petición**

Me gustaría que alguien revisase mis ediciones.

Subir cambios Cancelar Ayuda

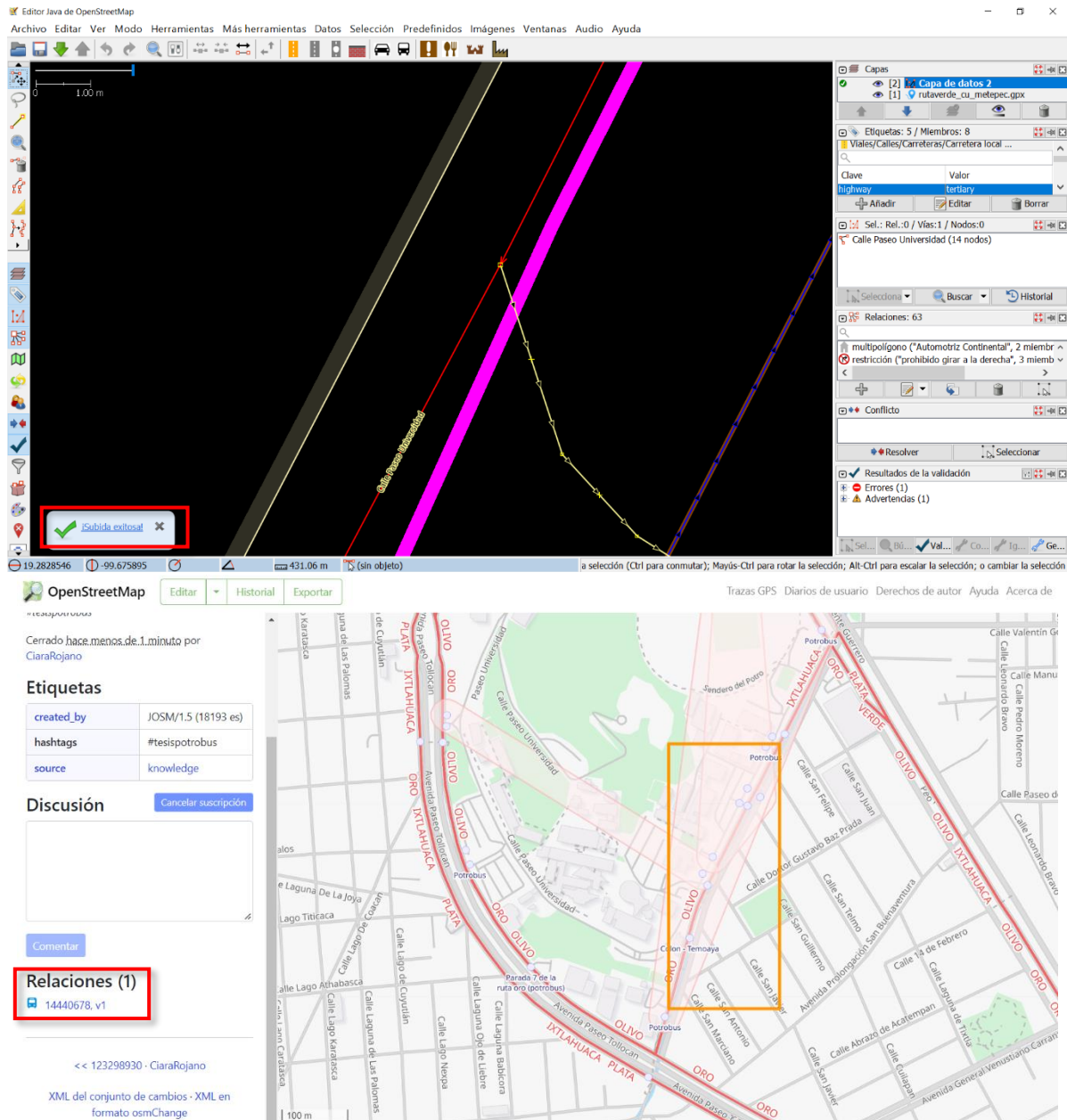
Se escribió un texto corto en relación con el proyecto.

Seleccionar la opción

Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM

Al subir cada una de las relaciones a OSM arrojó un link con la página a OSM para visualizar completamente la relación de la ruta creada, dando un ID único, el cual se almacenó, como el anterior, para su posterior uso, como se aprecia en la figura 2.20.

Figura 2.20 Link e ID de trazas



Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM

Este último ID de las relaciones, fue colocado en el orden correspondiente a cada una de las rutas en el documento con la macro para creación de GTFS proporcionado por el Fis. Edgar Leonardo Gutiérrez Uscátegui, como se aprecia en la figura 2.21.

Figura 2.21 Documento con la macro para creación de GTFS

Status	Auto Edit and validate	Type	Name or Reference Number	Full name of the Route	From	To	OSM Route ID	OSM Link
Edited or Not Edited to keep track of edited routes	Generate edit link with JOSM remote control if all info is complete	The short name or reference number to identify the path to be edited	The short name or reference number to identify the path to be edited	To identify the path to edit			After editing the route in OSM, place here the ID of the edited route, this is at the end of the URL provided by OSM (example: <a href="http://www.openstreetmap.org/relation/2928586">http://www.openstreetmap.org/relation/2928586</a> ) The ID of the edited path is 2928586	Open the edited path in OSM. It only works by putting the ID of the edited path in the column above (!)
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	BLANCA	Bus BLANCA: Los Uribe - Metepec	Los Uribe	Metepec	14226411	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus BLANCA : Metepec - Los Uribe	Metepec	Los Uribe	14228337	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus BLANCA			14280364	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	IXTLAHUACA	Bus IXTLAHUACA: Ixtlahuaca - Ciudad Universitaria	Ixtlahuaca	Ciudad Universitaria	14245947	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus IXTLAHUACA: Ciudad Universitaria - Ixtlahuaca	Ciudad Universitaria	Ixtlahuaca	14245927	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus IXTLAHUACA			14292363	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	OLIVO	Bus OLIVO: Ciudad Universitaria - Lerma	Ciudad Universitaria	Lerma	14245979	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus OLIVO: Lerma - Ciudad Universitaria	Lerma	Ciudad Universitaria	14246048	<a href="#">OSM Relation</a>
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus OLIVO			14292371	<a href="#">OSM Relation</a>

Fuente: captura de pantalla del documento con la macro para GTFS

Una vez finalizado el proceso de subir las relaciones de vía, las rutas de Potrobús se volvieron a visualizar en formato GPX, en JOSM, con las etiquetas correspondientes, que serán añadidas automáticamente desde el documento de Excel llamado Mapeo Rutas Potrobús.

## 2.5 Etiquetado de la información por ruta

Para facilitar la parte de las etiquetas, las cuales llevaran la información de cada ruta, se contó con el apoyo de Trufi Association, donde nos proporcionaron un archivo, con nombre Mapeo Rutas Potrobús el cual permite automatizar el proceso de asignar etiquetas, este archivo está conectado directamente con la información de OSM, dando oportunidad de llenar campos y etiquetas de la información a integrar a OSM además de contener una macro para agilizar el proceso de creación del formato estándar de GTFS.

Dicho archivo cuenta con tres pestañas, las cuales se complementan una tras otra. La primera pestaña, llamada Rutas (Figura 2.22) esto sirvió para llenar información básica de las rutas, como lo es; nombre, tipo de unidad, origen y destino, (tanto de ida como de regreso) y por último el nombre de la ruta, como va a aparecer en OSM.

La segunda pestaña llamada Route Tracing (Figura 2.23) mostro los datos previamente ingresados en la pestaña rutas, que ruta es; y nombre de la ruta, en la columna C y D, en la columna E colocar por cada ruta su respectivo ID de las trazas GPS subidas a OSM como se mencionó anteriormente en esta investigación, esto es con la finalidad de que OSM detecte la traza donde se está trabajando y poder agregar la información correspondiente a cada una, el estatus de cada ID se visualiza en la columna A.

La tercera pestaña Route Editing (Figura 2.24) esta parte es la más importante de las tres, ya con información fundamental de las pestañas anteriores, se percibió que de la columna D a la H, es información ya obtenida, de la columna L a P, se llenó con información de horario de cada unidad por ruta, así como a que organización pertenece la ruta, en este caso es el sistema universitario.

Una vez teniendo estos datos, la columna B (auto edit) cuenta con un enlace el cual se redirigió al editor JOSM, donde se cargó automáticamente toda la información de la pestaña 3, solo que en JOSM ya los importó como etiquetas (Figura 2.25).

Figura 2.22 Pestaña Rutas

	A	B	C	D	E	F
1	on	internal id (ref)	Vehicle type	from (from)	to (to)	Route name (name)
2		How the route is known colloquially - or fit has a reference number assigned (example of a short name: El Mira / example of a reference number: Bus 115)	What type of vehicle does the transportation route make? (Bus, taxi, ... other)	Reference name of the starting site of the route.	Reference name of the final site of the route.	Normally the name of the route is the id, the point of origin and the point of destination (e.g. Bus 01: Abarán - Polychique)
3	high	BLANCA	Los Uribe	Metepec	Metepec	Bus BLANCA: Los Uribe - Metepec
4	high	BLANCA	Metepec	Los Uribe	Los Uribe	Bus BLANCA : -Metepec - Los Uribe
5	high	IXTLAHUACA	Ixtlahuaca	Ciudad Universitaria	Ciudad Universitaria	Bus IXTLAHUACA: Ixtlahuaca - Ciudad Universitaria
6	high	IXTLAHUACA	Ciudad Universitaria	Ixtlahuaca	Ixtlahuaca	Bus IXTLAHUACA: Ciudad Universitaria - Ixtlahuaca
7	high	OLIVO	Ciudad Universitaria	Lerma	Lerma	Bus OLIVO: Ciudad Universitaria - Lerma
8	high	OLIVO	Lerma	Ciudad Universitaria	Ciudad Universitaria	Bus OLIVO: Lerma - Ciudad Universitaria
9	high	ORO	Colon	Zinacantepec	Zinacantepec	Bus ORO: Colon - Zinacantepec
10	high	ORO	Zinacantepec	Colon	Colon	Bus ORO: Zinacantepec - Colon
11	high	PLATA	Colon	Sauces	Sauces	Bus PLATA: Colon - Sauces
12	high	PLATA	Sauces	Colon	Colon	Bus PLATA: Sauces - Colon
13	high	CERRILLO R	Cerrillo	Rectoria	Rectoria	Bus CERRILLO R: Cerrillo - Rectoria
14	high	CERRILLO R	Rectoria	Cerrillo	Cerrillo	Bus CERRILLO R: Rectoria - Cerrillo
15	high	SAN JUAN H	Ciudad Universitaria	San Juan	San Juan	Bus SAN JUAN H: Ciudad Universitaria - San Juan
16	high	SAN JUAN H	San Juan	Ciudad Universitaria	Ciudad Universitaria	Bus SAN JUAN H: San Juan - Ciudad Universitaria
17	high	TIANGUISTENCO	Colon	Tiangustenco	Tiangustenco	Bus TIANGUISTENCO: Colon - Tiangustenco
18	high	TIANGUISTENCO	Tiangustenco	Colon	Colon	Bus TIANGUISTENCO: Tiangustenco - Colon
19	high	TENANGO	Ciudad Universitaria	Tenango	Tenango	Bus TENANGO: Ciudad Universitaria - Tenango
20	high	TENANGO	Tenango	Ciudad Universitaria	Ciudad Universitaria	Bus TENANGO: Tenango - Ciudad Universitaria
21	high	CERRILLO T	Terminal	Cerrillo	Cerrillo	Bus CERRILLO T: Terminal - Cerrillo
22	high	CERRILLO T	Cerrillo	Terminal	Terminal	Bus CERRILLO T: Cerrillo - Terminal
23	high	VERDE	Ciudad Universitaria	Metepec	Metepec	Bus VERDE: Ciudad Universitaria - Metepec
24	high	VERDE	Metepec	Ciudad Universitaria	Ciudad Universitaria	Bus VERDE: Metepec - Ciudad Universitaria

Fuente: captura de pantalla del documento

Figura 2.23 Route Tracing

Status	Type	Name or Reference Number	Full name of the Route	OSM Traces ID	Traced by
Tracked or Not Tracked to keep track of tracked routes	Type of vehicle	The short name or reference number to identify the route to be tracked	To identify the route to be tracked	Once the GPX traces are loaded into OSM, put the ID of each trace here. This is at the end of the URL provided in OSM (example: <a href="https://www.openstreetmap.org/user/sabinekoch/traces/2127983">https://www.openstreetmap.org/user/sabinekoch/traces/2127983</a> ) The ID is 2127983	Name of the volunteer who drew the route
TRACKED	Bus	BLANCA	Bus BLANCA: Los Uribe - Metepec Bus BLANCA : Metepec - Los Uribe	4382273 4382273	
TRACKED	Bus	IXTLAHUACA	Bus IXTLAHUACA: Ixtlahuaca - Ciudad Universitaria Bus IXTLAHUACA: Ciudad Universitaria - Ixtlahuaca	4399309 4399305	
TRACKED	Bus	OLIVO	Bus OLIVO: Ciudad Universitaria - Lerma Bus OLIVO: Lerma - Ciudad Universitaria	4399306 4399307	
TRACKED	Bus	ORO	Bus ORO: Colon - Zinacantanpec Bus ORO: Zinacantanpec - Colon	4399334 4399335	
TRACKED	Bus	PLATA	Bus PLATA: Colon - Sauces Bus PLATA: Sauces - Colon	4399341 4399342	
TRACKED	Bus	CERRILLO R	Bus CERRILLO R: Cerrillo - Rectoria Bus CERRILLO R: Rectoria - Cerrillo	4399349 4399351	
TRACKED	Bus	SAN JUAN H	Bus SAN JUAN H: Ciudad Universitaria - San Juan Bus SAN JUAN H: San Juan - Ciudad Universitaria	4399363 4399364	
TRACKED	Bus	TIANGUISTENCO	Bus TIANGUISTENCO: Colon - Tanguistenco Bus TIANGUISTENCO: Tanguistenco - Colon	4399373 4399375	
TRACKED	Bus	TENANGO	Bus TENANGO: Ciudad Universitaria - Tenango Bus TENANGO: Tenango - Ciudad Universitaria	4399378 4399381	
TRACKED	Bus	TENANGO	Bus CERRILLO T: Terminal - Cerrillo	4402764	

Fuente: captura de pantalla del documento



Figura 2.24 Route Editing

Status	Auto Edit and validate	Type	Name or Reference Number	Full name of the Route	From	To
Edited or Not Edited to keep track of edited routes	Generate edit link with JOSM remote control if all info is complete	The short name or reference number to identify the path to be edited	The short name or reference number to identify the path to be edited	To identify the path to edit		
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	BLANCA	Bus BLANCA: Los Uribe - Metepec	Los Uribe	Metepec
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus BLANCA: Metepec - Los Uribe	Metepec	Los Uribe
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	IXTLAHUACA	Bus IXTLAHUACA: Ixtlahuaca - Ciudad Universitaria	Ixtlahuaca	Ciudad Universitaria
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus IXTLAHUACA: Ciudad Universitaria - Ixtlahuaca	Ciudad Universitaria	Ixtlahuaca
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	OLIVO	Bus OLIVO: Ciudad Universitaria - Lerma	Ciudad Universitaria	Lerma
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus OLIVO: Lerma - Ciudad Universitaria	Lerma	Ciudad Universitaria
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	ORO	Bus ORO: Colon - Zinacantanpec	Colon	Zinacantanpec
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus ORO: Zinacantanpec - Colon	Zinacantanpec	Colon
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	PLATA	Bus PLATA: Colon - Sauces	Colon	Sauces
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus PLATA: Sauces - Colon	Sauces	Colon
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	CERRILLO R	Bus CERRILLO R: Cerrillo - Rectoria	Cerrillo	Rectoria
EDITED	<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	Bus CERRILLO R: Rectoria - Cerrillo	Rectoria	Cerrillo

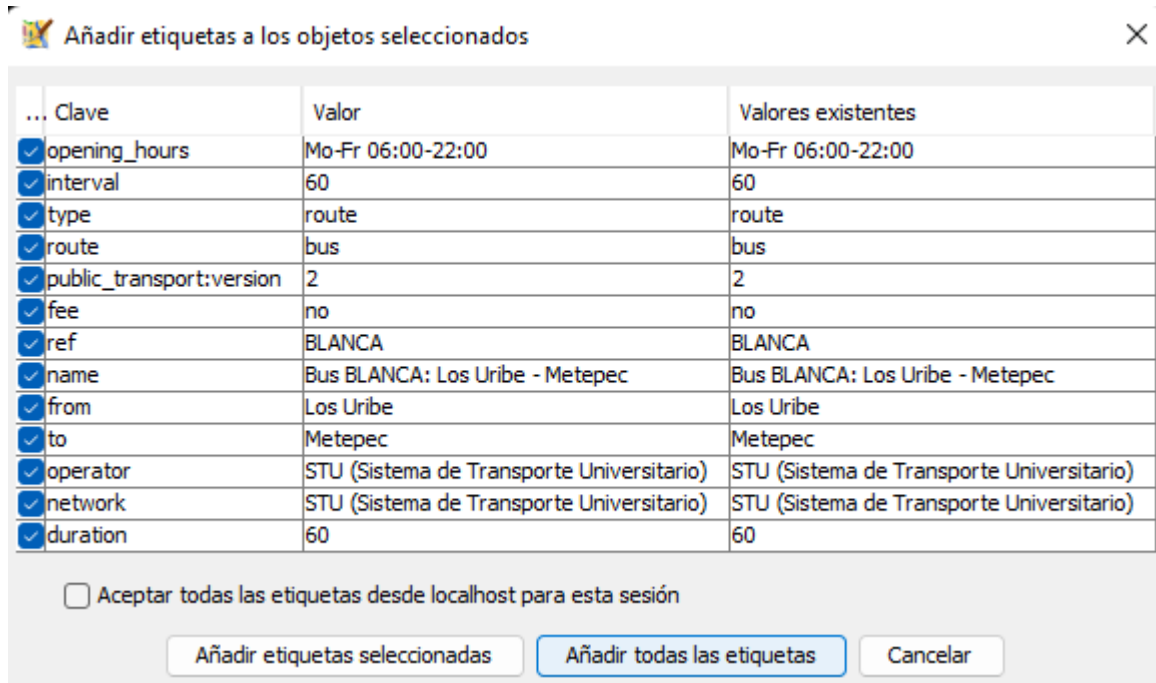
Fuente: captura de pantalla del documento y con datos de la UAEMex

Figura 2.24.1 Route Editing

	L	M	N	O	P	Q	R	S
opening_hours	Interval peak hours (minutes)	Estimated full travel time (minutes)	Price (MRU)	Operator	Comments	Edited by:	Reviewed by	
Mo-Fr 06:00-22:00	60	60	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				
Mo-Fr 05:40-22:00	120	100	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				
Mo-Fr 05:50-21:30	60	60	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				
Mo-Fr 11:00-22:00	60	60	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				
Mo-Fr 06:00-22:00	60	60	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				
Mo-Fr 06:00-22:00	60	60	5	STU (Sistema de Transporte Universitario)				

Fuente: captura de pantalla del documento y con datos de la UAEMex

Figura 2.25 Etiquetas en JOSM



Fuente: captura de pantalla del documento y con datos de la UAEMex

## 2.6 Comprobar las relaciones con validador de OSM

Este paso ayudó a validar que las relaciones hayan sido cargadas correctamente a OSM y así descartar algún error en el proceso, para esto se utilizó el validador de OSM el cual podemos encontrar un enlace directo en el archivo Mapeo Rutas Potrobús, más precisamente en la columna Validator Link. (Figura 2.26)

Figura 2.26 Validador de OSM

**Relation analysis**

Relation ID:  [Analyze](#)

Always download relation from OSM Server (no cache).

---

Relation ID: **14226411**, Relation Name: **Bus BLANCA: Los Uribe - Metepec**, Relation Type: **route**, Length in KM: **12,941**

Last modified: **5 months ago**, edited by: **CiaraRojano**

[Show all tags](#) [Analyze on map](#) [Browse](#)

**Great! This relation seems ok.**  
This relation can be connected as one piece.

[Show more info ...](#)

*Fuente: captura de pantalla OSM*

## 2.7 Paradas del Potrobús

Como primer paso se cargaron las paradas en formato shapefile, el cual es compatible instalando el complemento “opendata”, éste está disponible desde la ventana de preferencias de JOSM y posteriormente desde la opción complementos, para más detalles de este proceso, consultar en el Anexo 1.

La carpeta de paradas de Potrobús, contenía un solo archivo con todas las paradas (de ida y de regreso), se visualizó cada ruta a través del link contenido en el archivo Excel que contiene la macro para creación de GTFS llamado ‘Mapeo Rutas Potrobús’ posteriormente mostró la ruta con las etiquetas correspondientes en JOSM

Se redujo la opacidad de visibilidad de la capa que contaba con el mapa base de OSM al igual que las capas de las paradas de la ruta y una capa con cualquiera de los sentidos de la ruta como se muestra en las (Figuras 2.27, 2.27.1, 2.27.2 y 2.27.3)

Figura 2.27 Visibilidad de capas

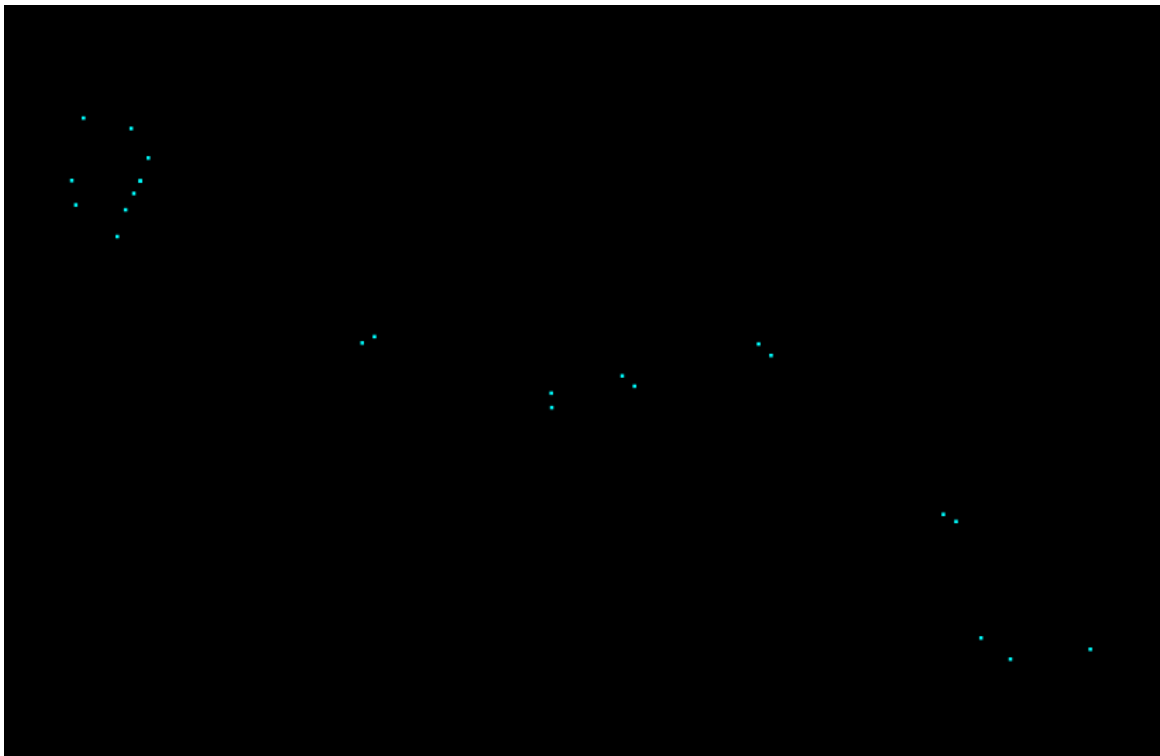


Figura 2.27.1

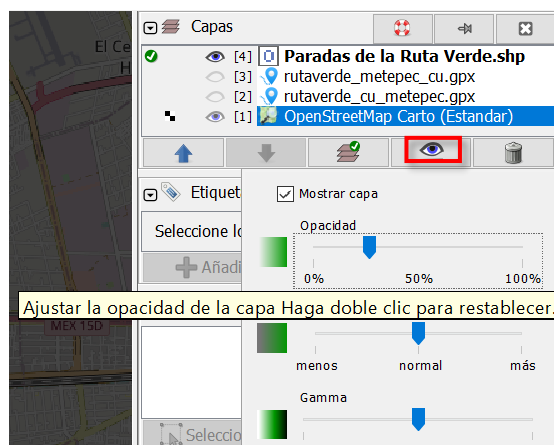


Figura 2.27.2

Status	Auto Edit and validate	Type	Name or Reference Number	Full name of the Route	From	To
EDITED	AutoEdit	Bus	OLIVO	Bus OLIVO: Ciudad Universitaria - Lerma	Ciudad Universitaria	Lerma
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus OLIVO: Lerma - Ciudad Universitaria	Lerma	Ciudad Universitaria
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus OLIVO		
EDITED	AutoEdit	Bus	ORO	Bus ORO: Colon - Zinacantepec	Colon	Zinacantepec
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus ORO: Zinacantepec - Colon	Zinacantepec	Colon
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus ORO		
EDITED	AutoEdit	Bus	PLATA	Bus PLATA: A: Colon - Sauces	Colon	Sauces
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus PLATA: Sauces - Colon	Sauces	Colon
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus PLATA		
EDITED	AutoEdit	Bus	CERRILLO R	Bus CERRILLO R: Cerrillo - Rectoria	Cerrillo	Rectoria
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus CERRILLO R: Rectoria - Cerrillo	Rectoria	Cerrillo
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus CERRILLO R		
EDITED	AutoEdit	Bus	SAN JUAN H	Bus SAN JUAN H: Ciudad Universitaria - San Juan	Ciudad Universitaria	San Juan
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus SAN JUAN H: San Juan - Ciudad Universitaria	San Juan	Ciudad Universitaria
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus SAN JUAN H		
EDITED	AutoEdit	Bus	TIANGUISTENCO	Bus TIANGUISTENCO: Colon - Tianguistenco	Colon	Tianguistenco
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus TIANGUISTENCO: Tianguistenco - Colon	Tianguistenco	Colon
EDITED	AutoEdit	Master Route	Master Route	Bus TIANGUISTENCO		
EDITED	AutoEdit	Bus	TENANGO	Bus TENANGO: Ciudad Universitaria - Tenango	Ciudad Universitaria	Tenango

Figura 2.27.3

Añadir etiquetas a los objetos seleccionados

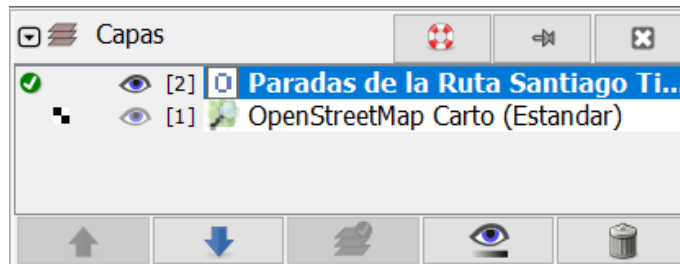
Clave	Valor	Valores existentes
<input checked="" type="checkbox"/> opening_hours	Mo-Fr 05:50-22:00	Mo-Fr 05:50-22:00
<input checked="" type="checkbox"/> interval	60	60
<input checked="" type="checkbox"/> type	route	route
<input checked="" type="checkbox"/> route	bus	bus
<input checked="" type="checkbox"/> public_transport:version	2	2
<input checked="" type="checkbox"/> fee	no	no
<input checked="" type="checkbox"/> ref	TIANGUISTENCO	TIANGUISTENCO
<input checked="" type="checkbox"/> name	Bus TIANGUISTENCO: Tianguistenco - Colon	Bus TIANGUISTENCO: Tianguistenco - Colon
<input checked="" type="checkbox"/> from	Tianguistenco	Tianguistenco
<input checked="" type="checkbox"/> to	Colon	Colon
<input checked="" type="checkbox"/> operator	STU (Sistema de Transporte Universitario)	STU (Sistema de Transporte Universitario)
<input checked="" type="checkbox"/> network	STU (Sistema de Transporte Universitario)	STU (Sistema de Transporte Universitario)
<input checked="" type="checkbox"/> duration	60	60

Aceptar todas las etiquetas desde localhost para esta sesión

Fuente: capturas de pantalla de las plataformas JOSM y macro para GTFS

Las paradas se agregaron como parte de la vía, ya que de esta manera formarían parte de la misma ruta, donde se tendrán solo dos capas, la primera de las paradas y la segunda del mapa base de OSM, como se muestra a continuación. (Figura 2.28)

Figura 2.28 Paradas Potrobús



Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM

Para visualizar la relación de cada ruta, una vez que realizamos el añadir las etiquetas del documento Excel que contiene la macro para creación de GTFS llamado 'Mapeo Rutas Potrobús' se descargaron los datos de cada ruta, esto significa que, de cada una de las relaciones, las vías fueron descargadas para visualizarlos en JOSM, como se muestra a continuación. (Figuras 2.29, 2.29.1, 2.29.2)

Figura 2.29 Descarga de vías

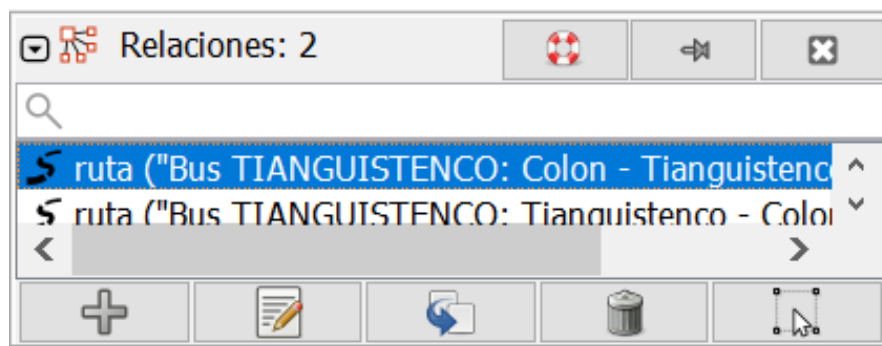


Figura 2.29.1

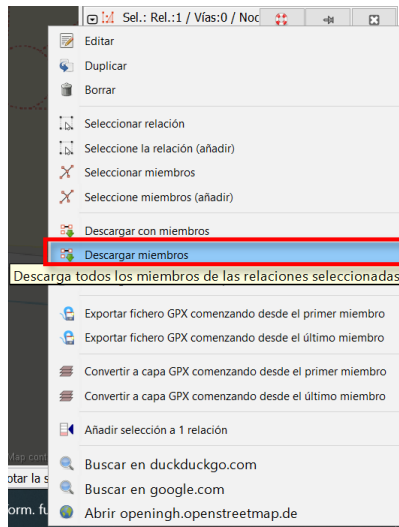
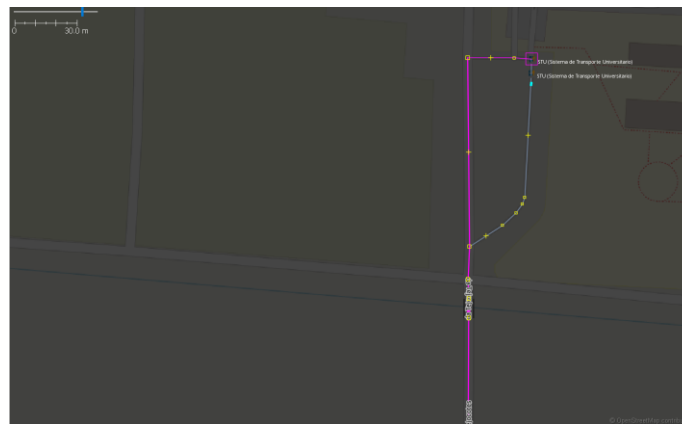


Figura 2.29.2



*Fuente: capturas de pantalla de la plataforma JOSM*

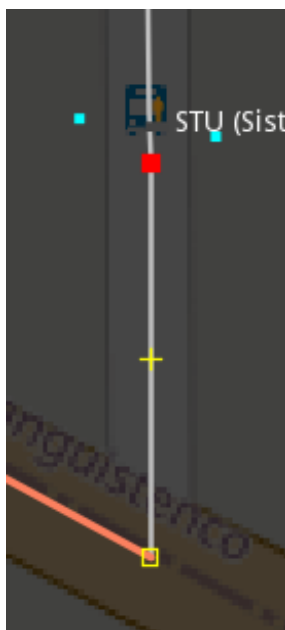
Una vez que se tuvo la visualización de las relaciones de rutas, se editó esta relación, añadiendo, como fue mencionado, en la misma relación de rutas, las paradas de estas, donde en cada una de las paradas (visualizadas en la capa antes mencionada) se añadió un nodo en la vía lo más cercano posible al de la capa de paradas. (Figura 2.30 y 2.30.1)



Figura 2.30 Adición de nodos



Figura 2.30.1



*Fuente: capturas de pantalla de la plataforma JOSM*

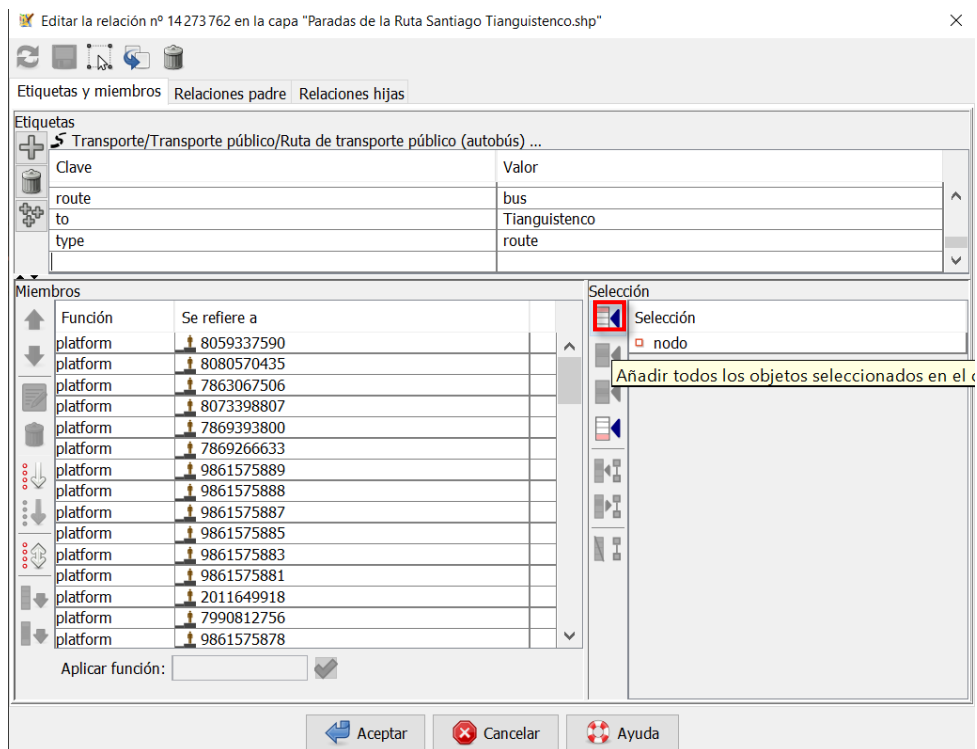
Cada nodo fue añadido a la relación de la ruta, teniendo cuidado que cada uno de ellos fue correctamente bien adherido, de orden inicial a final, de acuerdo con el sentido de la ruta. (Figura 2.31)

Como se explicó anteriormente, en este proceso se considera el sistema de etiquetado de OSM para los elementos de transporte.

Para las rutas del Potrobús se usaron las siguientes etiquetas:

- highway=bus\_stop
- public\_transport=platform
- bus=yes
- network=STU
- operator=STU

Figura 2.31 nodos adheridos



Fuente: captura de pantalla de la plataforma

A cada nodo se añadieron las etiquetas correspondientes a cada una de las paradas que son las siguientes: *highway = bus\_stop*, *public\_transport = platform*, *bus = yes*, *network = STU*, *operator = STU*, para finalizar con la relación completa de cada ruta con paradas incluidas, (Figura 2.32, 2.32.1, 2.32.2 y 2.32.3) y sus etiquetas correspondientes (Figura 2.33)

Figura 2.32 Etiquetas de nodos

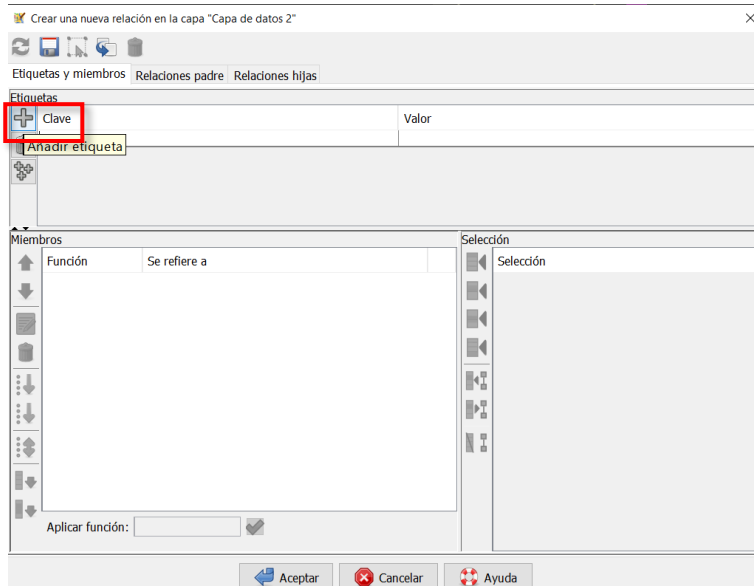


Figura 2.32.1

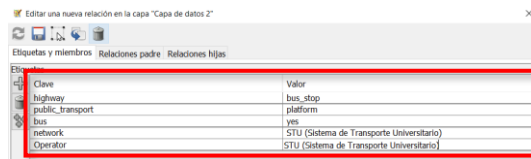


Figura 2.32.2

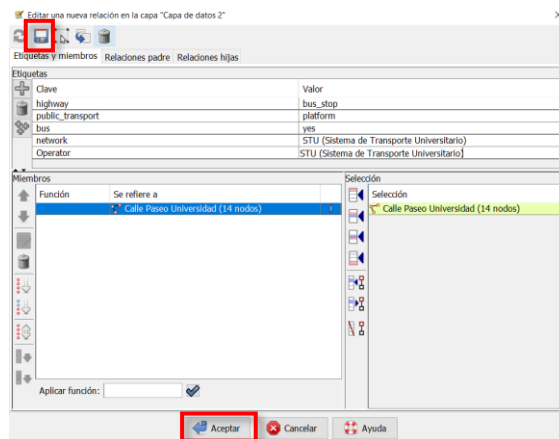
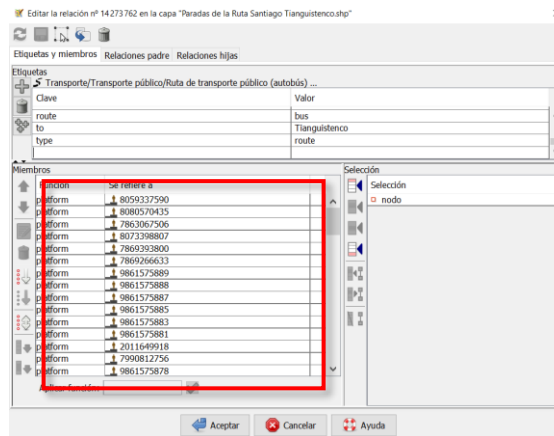


Figura 2.32.3



Fuente: capturas de pantalla de la plataforma JOSM

Figura 2.33 etiquetas de nodos

## Etiquetas

bus	yes
highway	bus_stop
network	STU (Sistema de Transporte Universitario)
operator	STU (Sistema de Transporte Universitario)
public_transport	platform

Fuente: captura tomada desde el sitio: [openstreetmap.org](http://openstreetmap.org)

## 2.8 Creación de rutas padre

Ya realizadas todas las rutas correspondientes con sus relaciones, tanto en OSM como en el documento Excel, se procedió a realizar las rutas padres de cada ruta, esto quiere decir que cada una de las relaciones de vías de ruta, ida y regreso, serán unidas en una sola relación.

Se descargaron todos los miembros de las rutas de ambos sentidos de ruta (ida/regreso) para posteriormente añadir una relación nueva que contendrá ambas relaciones de rutas. (Figura 2.34, 2.34.1 y 2.34.2)

Figura 2.34 Descarga en JOSM de ruta (ambos sentidos)

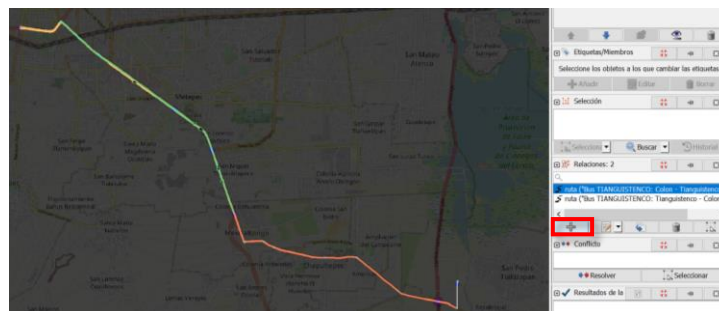


Figura 2.34.1

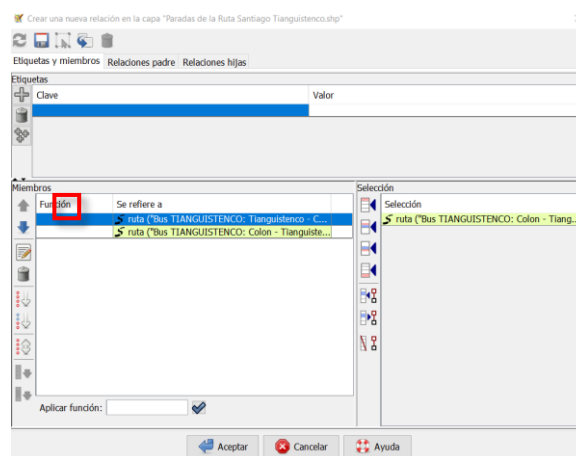
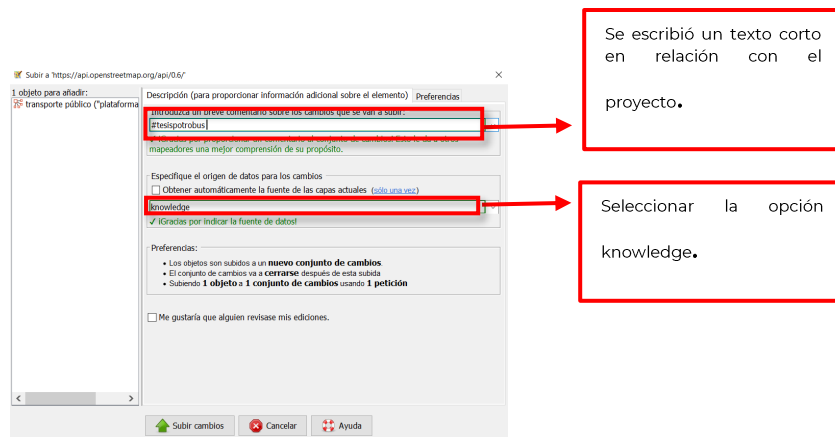


Figura 2.34.2



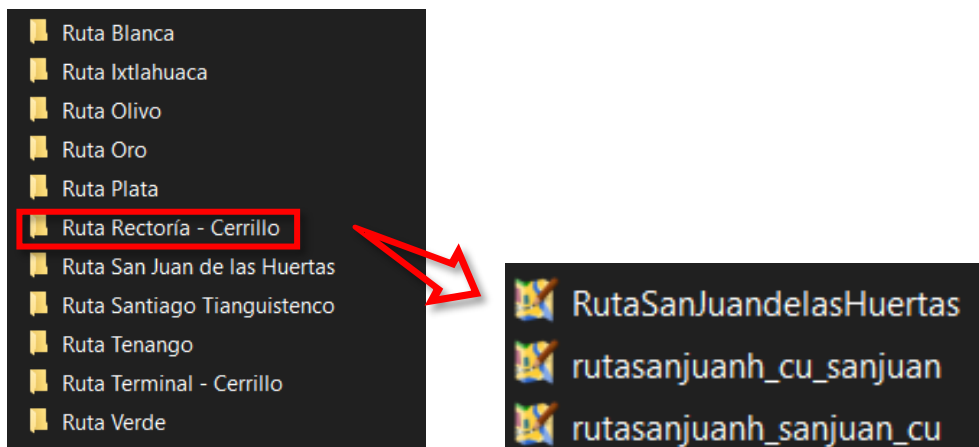
Fuente: capturas de pantalla de la plataforma

## Capítulo III Resultados

Se obtuvo el archivo con nombre 'Mapeo Rutas Potrobús' con información adicional de las rutas del sistema de transporte Potrobús, dando como resultado lo siguiente:

Rutas de sistema de transporte Potrobús en formato GPX. Ruta ida, ruta regreso y ruta completa (ida/regreso) como se muestra en la Figura 3.1

Figura 3.1 Rutas ida, regreso y completa



*Fuente: captura de pantalla de la plataforma*

### Rutas del Potrobús en plataforma OSM

En la figura 3.2, se puede observar cómo dentro de la plataforma de OSM, es posible habilitar la capa de transporte, para identificar cualquier sistema de transporte que se haya integrado a una ciudad, bajo el esquema de relaciones (pasar de capa estándar a capa de transporte).

La visualización de las rutas del sistema de transporte universitario en OSM, como se muestra en la figura 3.3

Figura 3.2 Habilitando la capa de transporte dentro de OSM

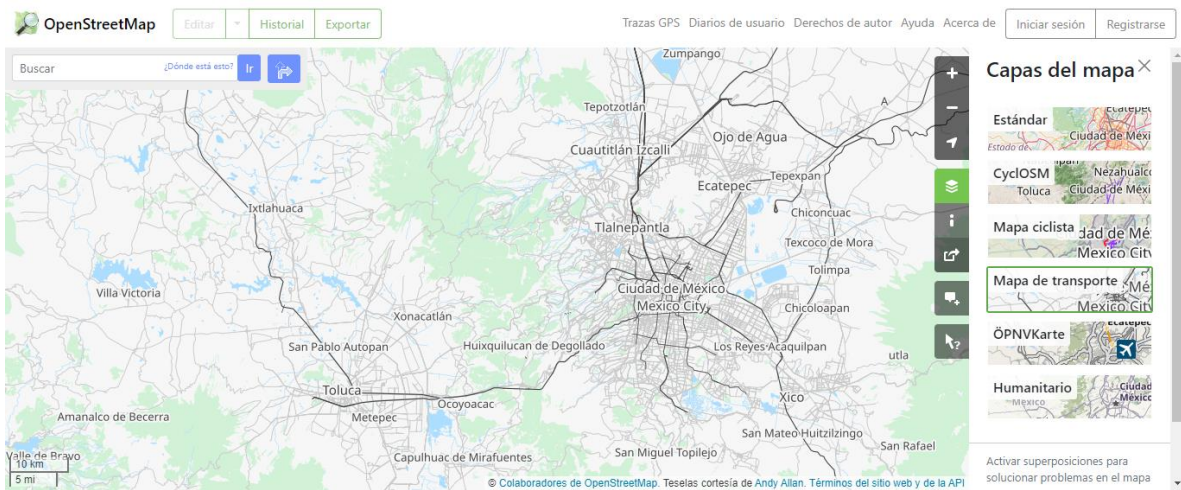
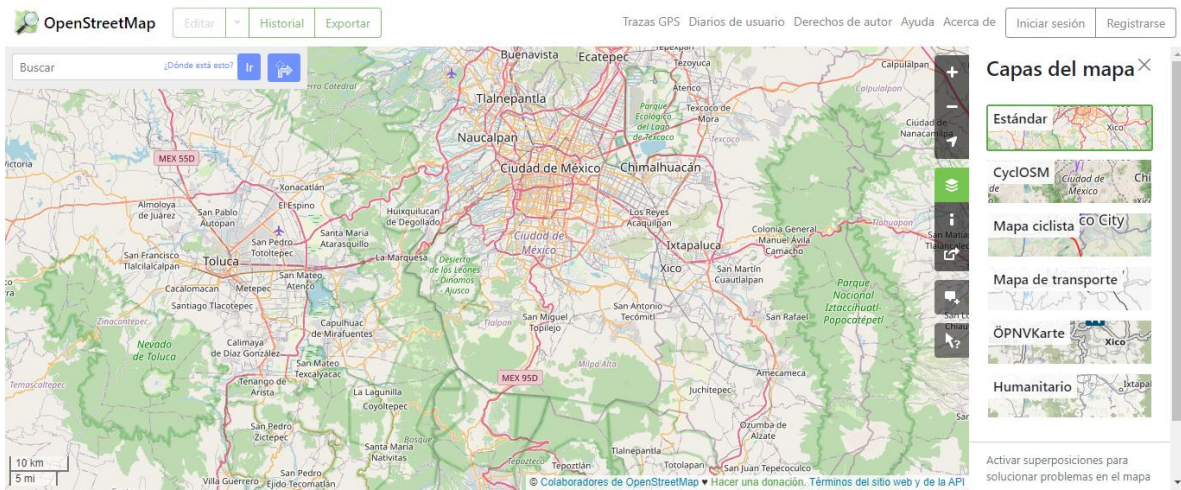
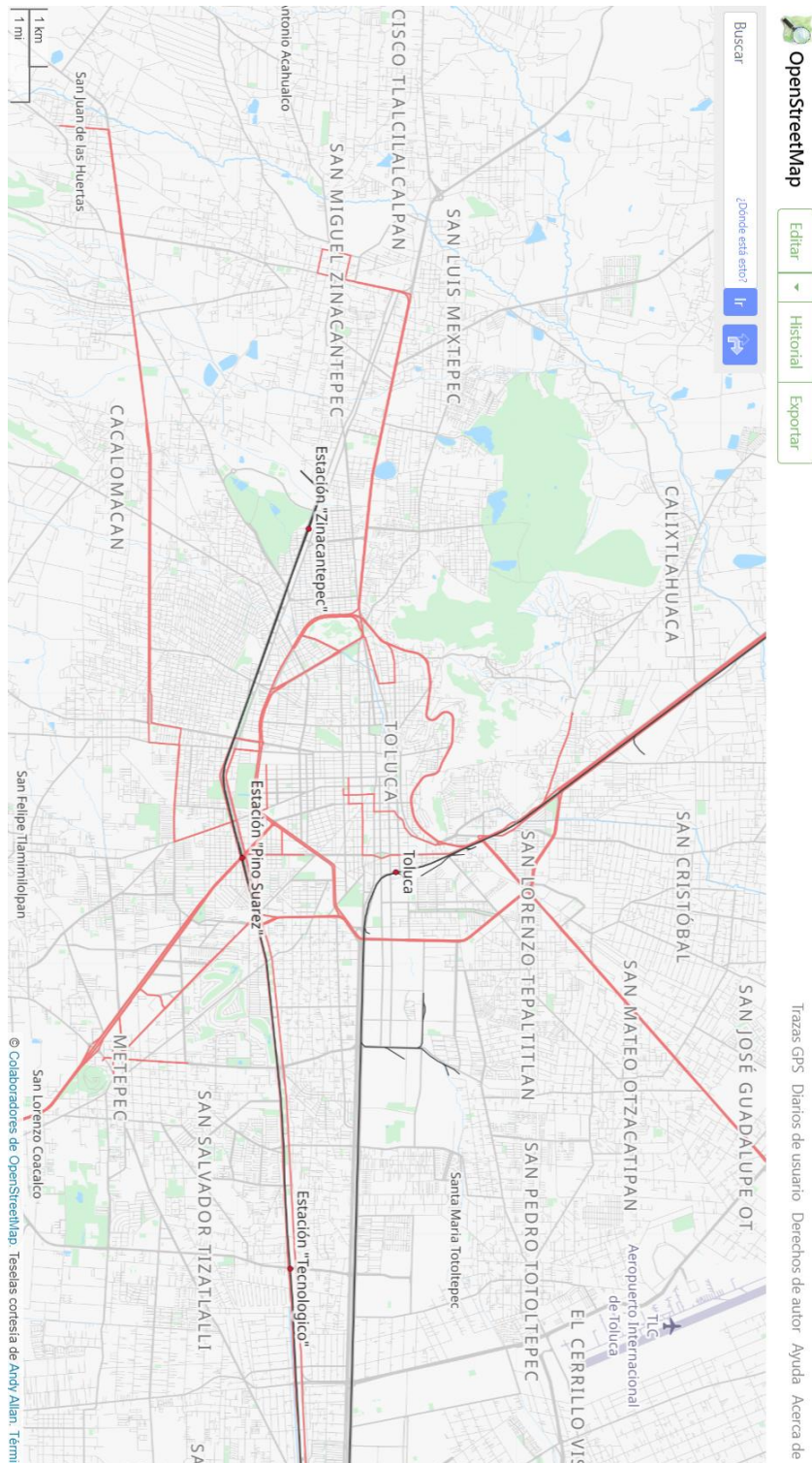




Figura 3.3 Rutas de Potrobús en OSM



Fuente: captura de pantalla de la plataforma OSM

Se obtuvieron las 28 ID de cada una de las relaciones de rutas (ida/regreso y ambas), como se muestra en la figura 3.3

Figura 3.3 ID de cada ruta (28)

OSM Route ID
14246048
14292371
14249871
14249884
14292373
14250435
14250451
14292375
14269629
14269496
14329879
14273735
14273746
14314829
14273762
14273777
14314830
14273821
14273843
14314831
14273862
14273878
14314833
14277168
14205514
14314835
14351456

*Fuente: captura de pantalla de la macro para creación de GTFS*

28 links de cada una de las relaciones de rutas (ida/regreso y ambas) para edición en JOSM, como se muestra en la figura 3.4

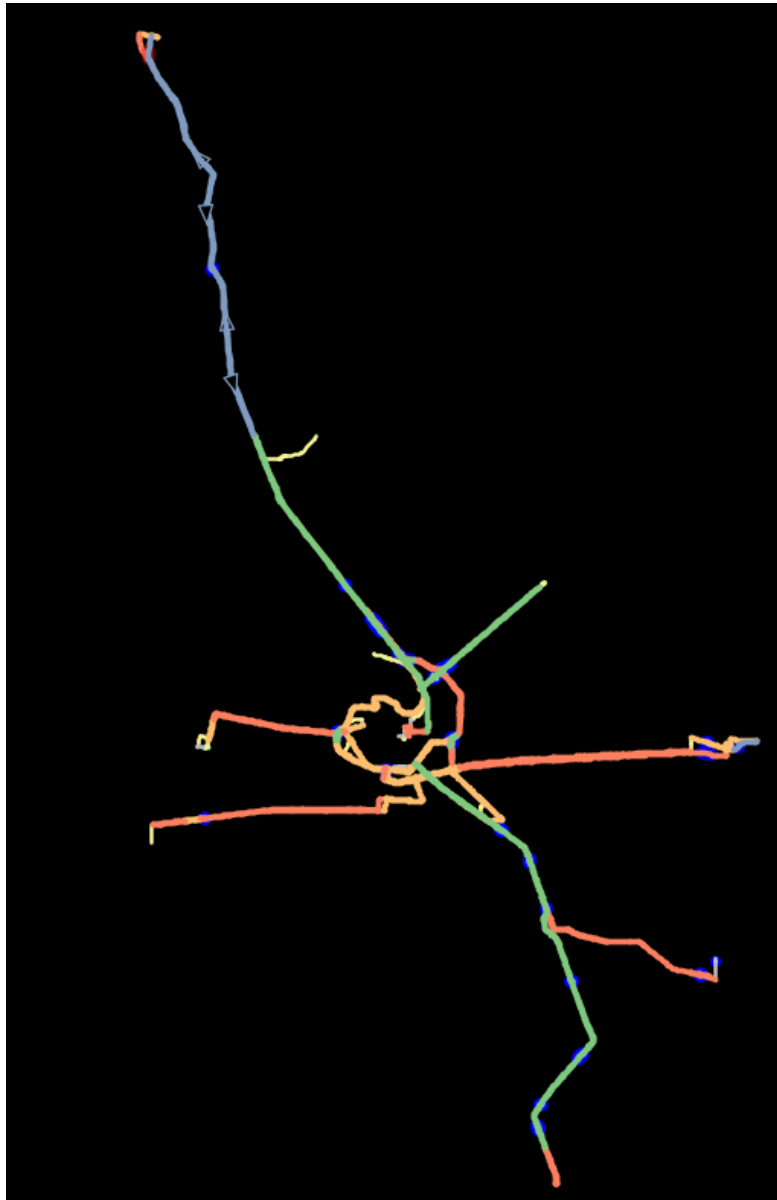
Figura 3.4 Links de relaciones

Auto Edit and validate	Type	Name or Reference Number	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	OLIVO	Bus OLIVO
<a href="#">Au</a>			
<a href="#">Au</a>			
<a href="#">Au</a>			
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	PLATA	Bus PLATA
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	PLATA	Bus PLATA
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	CERRILLO R	Bus CERR
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	CERRILLO R	Bus CERR
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	SAN JUAN H	Bus SAN J
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	SAN JUAN H	Bus SAN J
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	TIANGUISTENCO	Bus TIANG
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	TIANGUISTENCO	Bus TIANG
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	TENANGO	Bus TENA
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	TENANGO	Bus TENA
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	CERILLO T	Bus CERIL
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	CERILLO T	Bus CERIL
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	VERDE	Bus VERD
<a href="#">AutoEdit</a>	Bus	VERDE	Bus VERD
<a href="#">AutoEdit</a>	Master Route	Master Route	

Fuente: captura de pantalla de la macro para creación de GTFS

Una relación denominada 'abuelo' que contiene todo el sistema de transporte Potrobús, esto quiere decir que contiene todas las relaciones de vía y paradas de cada una de las rutas, como se muestra en la figura 3.5

Figura 3.5 Relación abuelo



*Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM*

## Conjunto de archivos GTFS

Así mismo con los datos una vez en OSM bajo la estructura correcta, pueden ser usados para la generación de los archivos GTFS estáticos; para el caso de este proyecto, se usaron los scripts proporcionados por Trufi Association, los cuales se muestran en el Anexo C.

Con la aplicación del código, se generó el conjunto de archivos GTFS en formato .ZIP, de acuerdo con el estándar y el cual se encuentra listo para aplicar en cualquier otra plataforma (como OpenTripPlanner). La figura 3.6 muestra el conjunto de archivos generados, así como el contenido de alguno de ellos, con la información que el código descarga de acuerdo con la plataforma de OSM.

Figura 3.6 Conjunto de archivos GTFS y contenido de stops.txt

The screenshot shows a file manager interface for a folder named 'potrobús'. A table lists the following files:

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
agency	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	1 KB
calendar	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	1 KB
frequencies	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	1 KB
routes	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	2 KB
shapes	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	344 KB
stop_times	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	104 KB
stops	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	121 KB
trips	01/08/2022 07:03 p. m.	Documento de te...	1 KB

The 'stops' file is selected, and its content is displayed in a text editor window. The content is a list of stop IDs, names, and coordinates:

```
1 stop_id,stop_name,stop_lat,stop_lon
2 8861781035,Boulevard Toluca-Metepec,19.2535576,-99.617464
3 2002319326,Vialidad Toluca-Metepec,19.254051,-99.6183774
4 1920835274,Vialidad Toluca-Metepec,19.2546933,-99.6192746
5 7863054877,Paseo del Agricultor,19.2555271,-99.61958
6 2152777521,Paseo del Agricultor,19.2562528,-99.618929
7 3560640849,Paseo del Agricultor,19.2574744,-99.6188034
8 8083275204,Calle Josefa Ortiz de Dominguez,19.258261,-99.6183519
9 5449510876,Calle Josefa Ortiz de Dominguez,19.2584645,-99.61738
10 7239714689,Avenida Benito Juárez,19.2607368,-99.6187263
11 2153760156,Avenida Benito Juárez,19.261413,-99.6195055
12 8064305108,Avenida Benito Juárez,19.262413,-99.6206555
13 7239685556,Avenida Benito Juárez,19.2638904,-99.62228
14 2153759089,Avenida Benito Juárez,19.2648038,-99.6233097
15 2153759087,Avenida Benito Juárez,19.2667737,-99.6254823
16 7233817162,Avenida Benito Juárez,19.2673903,-99.6262149
17 2334553782,Avenida Benito Juárez,19.2680506,-99.6269618
18 5818972136,Avenida Benito Juárez,19.2689829,-99.6280079
19 8861995643,Avenida Benito Juárez,19.2697001,-99.6287891
20 5819430058,Avenida Benito Juárez,19.2704376,-99.6295628
21 7851413509,Avenida Benito Juárez n Avenida Salvador Diaz Mirón,19.2712237,-99.6303702
22 1920786885,Avenida Salvador Diaz Mirón n Boulevard Solidaridad las Torres,19.2724774,-99.6304829
23 7830343751,Boulevard Solidaridad las Torres,19.2732494,-99.6307521
24 2146026868,Boulevard Solidaridad las Torres,19.2729673,-99.6319895
25 1269450322,Boulevard Solidaridad las Torres,19.2726719,-99.6333106
26 1150380088,Boulevard Solidaridad las Torres,19.2725051,-99.6344566
```

Fuente: captura de pantalla de la plataforma JOSM

## Conclusiones

Los esquemas de datos abiertos nos dan pauta a una fácil interpretación, manipulación e implementación de estándares internacionales, así como su administración, ya que sin algún requerimiento de 'pago' se pueden realizar los procesos necesarios para la obtención y generación de nueva información para las personas que requieran su posterior uso.

Esta manipulación de las rutas de transporte (universitario) y su información es una contribución al uso de herramientas libres para que los usuarios que requieran consultar información de estos servicios puedan hacerlo sin la obligación de algún 'pago' o proceso burocrático para el acceso a ellos.

Las próximas mejoras en el sistema de transporte ya sea universitario o de transporte público se podrán enfocar a usar datos libres, así como de herramientas libres para seguir exponiendo sus beneficios para los demás usuarios.

No solo se habla de los beneficios del uso de herramientas libres y su implementación, sino que esto da apertura a que personas de otros países puedan consultar los datos e información para que puedan ser replicados a demás de que se amplia la red de datos libres.

## Referencias

- Arsanjani, J., Zipf, A., Mooney, P., & Helbich, M. (2015). OpenStreetMap in GIScience Experiences, Research, and Applications (1st ed., pp. 2-10). New York: Springer.
- Colque, A., Valdivia, R., Navarrete, M., & Aracena, S. (2021). Un Sistema de Información Geográfica para el Transporte Público basado en el Estándar GTFS realtime. *Revista chilena de Ingeniería*, 29(1), 51-62
- Comision Nacional para el Uso Eficiente de la energía (CONUEE), (noviembre, 2017) Ciudades Inteligentes, smartcity\_MODIFICADA.cdr (www.gob.mx)
- Ferrer J.P., Sanchez I., & Tramoyeres S. (2013) Que son OSM Y JOSM. GeoTalleres. 1. Qué son OSM y JOSM — documentación de geotalleres-teoria - 1
- Flores S. Jorge A. (2017) Modelación en la propuesta de nuevas rutas de recolección de residuos sólidos urbanos para el uso eficiente de combustible mediante herramientas SIG en el municipio de Atlacomulco, Estado de México.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021). Actualización del GTFS estático de la Ciudad de México. Recuperado de identificadores GTFS - Documentos de Google identificadores GTFS - Documentos de Google
- Geobis International. (s.f.) Map Info GIS Software. <http://www.geobis.com/es/mapinfo-gis-software/>
- Hounsell N. B., Shrestha B. P., McDonald M., & Wong A. (2016) Los datos abiertos y las necesidades de las personas mayores para el público. *Transportation Research Procedia* (14), 4334-4343. Open Data and the Needs of Older People for Public Transport Information - ScienceDirect

Ipea – Instituto de Investigación Económica Aplicada (s.f.) r5r: Rapid Realistic Routing with R5 in R. <https://ipeagit.github.io/r5r/index.html>

Mobasher, A., (2021) Open Source Geospatial Science for Urban Studies The Value of Open Geospatial Data. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58232-6>

Montenegro Ñeco, Elizabeth, Becerril del Toro, Juan Manuel, Drouaillet Pumarino, Rolando, (2018) Mapeando Rutas de Transporte Público con MapMap Reutiliza esta app para mapear rutas de transporte público (iadb.org)

Muevetex (s.f.) [Sin Título] [imagen]. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=4162334887176916&set=pb.100063830581817.-2207520000..>

Open Knowledge Foundation (2021) What is open? What is open? (okfn.org)

Open Knowledge Foundation (2021) Open Data Commons Open Database License (ODbL) Open Data Commons Open Database License (ODbL) — Open Data Commons: legal tools for open data

Pérez, I. (27 de julio, 2021). Al fin, los tapatíos pueden rastrear el camión y planificar sus viajes en la ZMG. Recuperado de <https://acortar.link/9SoeWS>

Pereira M. H. R., Saraiva M., Herszenhut D., Braga K. C. (09 de septiembre del 2022) Intro to R5R: Rapid Realistic Routing with R5 in R. <https://ipeagit.github.io/r5r/articles/r5r.html>

Pruvost H., & Mooney P. (2016) Explorando las relaciones del modelo de datos OpenStreetMaps. Revista Future Internet. Future Internet | Free Full-Text | Exploring Data Model Relations in OpenStreetMap (mdpi.com)



PitneyBowes, Finding your way with MapInfo RouteFinder (s.f) Microsoft PowerPoint  
- 2016-01 MapInfo RouteFinder presentation (002).pptx [solo lectura]  
(imagenesgeograficas.com)

Robusté A, F. (2005). Logística del transporte, Ed. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.

Subires-Mancera, María Purificación (2011). Cartografía Participativa Y Web 2.0: Estudio De Interrelaciones Y Análisis De Experiencias. Vivat Academia, (117),201-216. [fecha de Consulta 6 de Marzo de 2022]. ISSN: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=525752959020>

Seguí Pons, J. M., Ruiz Pérez, M., Guaita Mas, F., Escalas, F. y Bauzà, A (2003) La Planificación De Rutas De Transporte Escolar A Través De Un Sig: El Proyecto Sigtebal, Geofocus. Recuperado de <https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/23>

Truffi Association, Bus Boy – Duitama, Colombia BusBoy – Duitama, Colombia - Asociación Trufi (trufi-association.org)

Wiki OpenStreetMap, (Sin fecha), Licencia Abierta de Bases de Datos. ES:Licencia Abierta de Base de Datos – OpenStreetMap Wiki

# Anexos

## A. Configuración del software

- Software y configuración

Descargar e instalar JOSM para el sistema de su preferencia  
(Windows, Linux, Mac)

Este software se encuentra directamente disponible en  
<https://josm.openstreetmap.de/>

Una vez instalado JOSM se procede a ejecutarlo, se visualizará una pantalla como la figura 4.0

Figura 4.0 JOSM



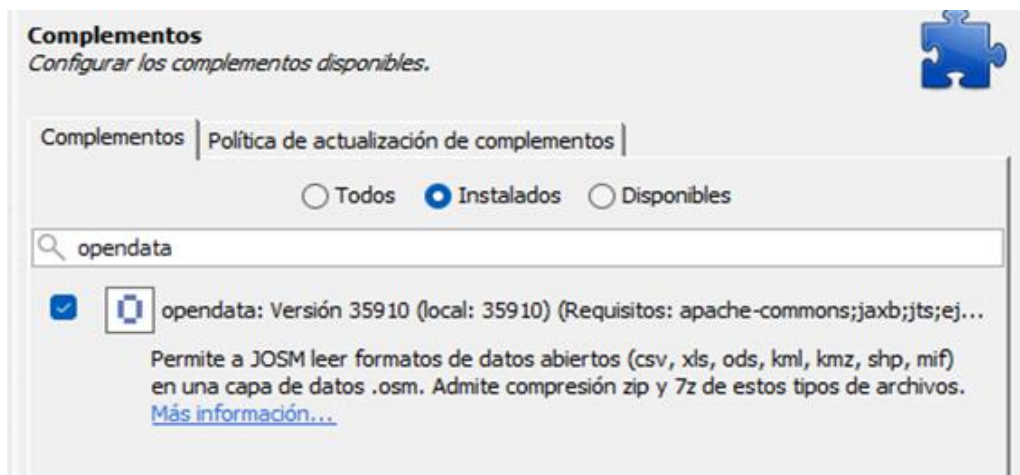
*Fuente: captura de pantalla de la plataforma.*

## B. Complementos implementados en JOSM

### Open Data

Este está disponible desde la ventana de preferencias de JOSM y posteriormente desde la opción complementos. De base JOSM no permite abrir archivos shp, por lo cual es necesario instalar el complemento “open data” como se muestra en la figura 4.1

Figura 4.1 Open Data

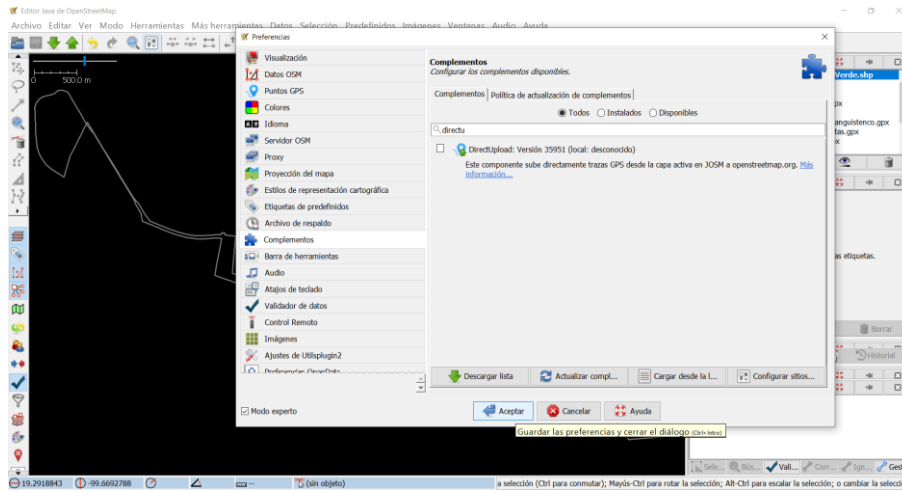


Fuente: complemento OpenData en JOSM (captura de pantalla de la plataforma)

### DirectUpload

Las capas shp tendrán que ser convertidas a GPX. activar el complemento que nos permitirá la conversión a GPX, llamado DirectUpload, como se muestra en la figura 4.2

Figura 4.2 DirectUpload

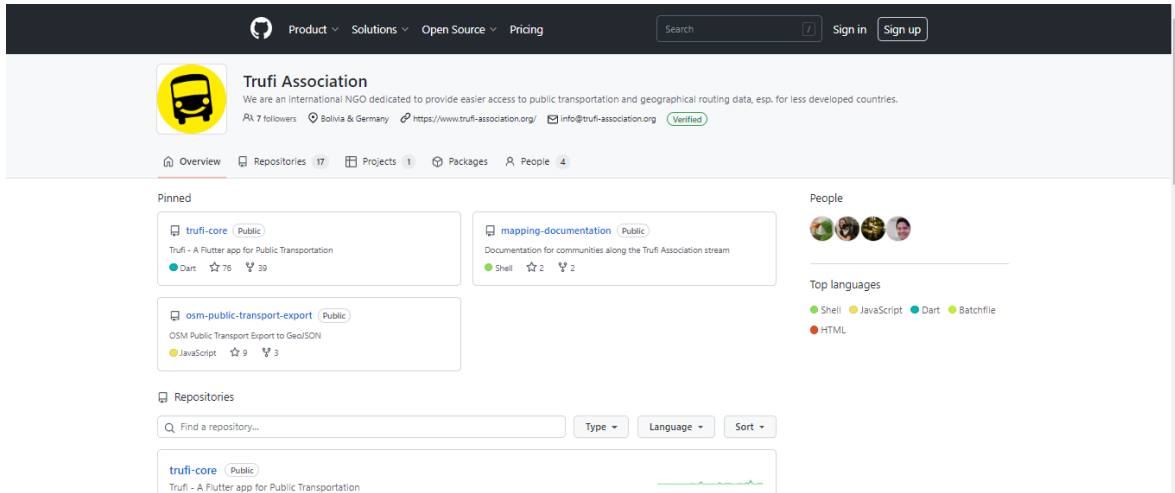


*Fuente: complemento DirectUpload en JOSM (captura de pantalla de la plataforma)*

GPX este es un tipo de archivo el cual permite la transferencia de datos GPS entre aplicaciones, el cual se puede utilizar para describir, puntos, recorridos y rutas.

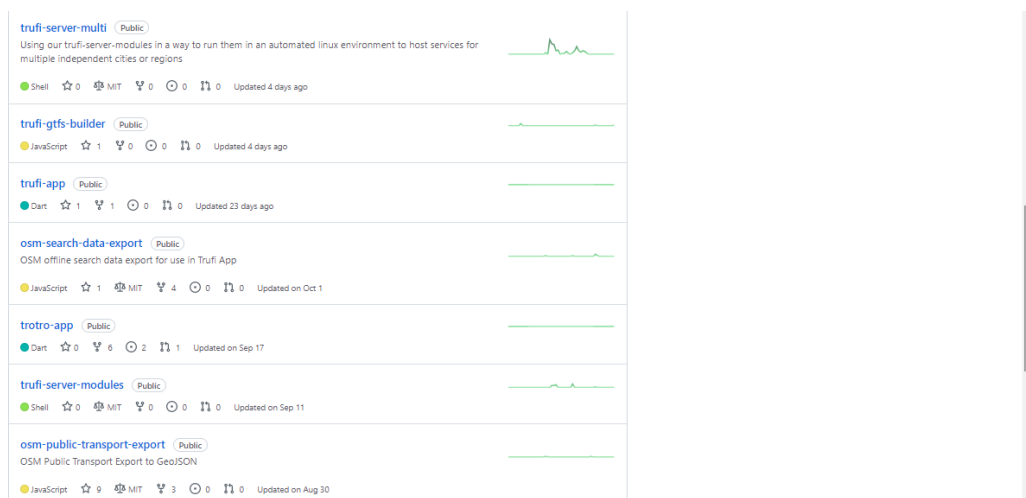
Para el primer paso se tuvo que convertir las rutas de formato shapefile a un formato llamado GPX, este es un tipo de archivo el cual permite la transferencia de datos GPS entre aplicaciones, el cual se puede utilizar para describir, puntos, recorridos y rutas.

Figura 4.3. Repositorio del código de Trufi Association



El código disponible considera la generación de paradas aleatorias, para aquellas ciudades que cuentan con sistemas de transporte informal. No obstante, Trufi Association ha generado un caso particular para la ciudad de Accra, en Ghana, que cuenta con paradas formales.

Figura 4.4



El código que a continuación se muestra, está generado para la ciudad de Accra, en Ghana, que de igual forma que el Sistema Potrobús cuenta con paradas definidas.

Figura 4.5

```
27 lines (26 sloc) | 925 Bytes
Raw Blame [edit] [copy] [trash]

1  const { osmToGtfs, OSMPBReader, OSMPassDownloader } = require('../..')
2  const path = require('path')
3
4  osmToGtfs({
5    outputDir: { outputDir: __dirname + '/out', trufitPData: true, gtfs: true, },
6    geojsonOptions: {
7      // osmDataGetter: new OSMPBReader(path.join(__dirname, "Ghana-Accra.osm.pbf")),
8      osmDataGetter: new OSMPassDownloader({
9        west: -0.467963,
10       south: 5.485591,
11       east: 0.036037,
12       north: 5.833565
13     }),
14     skipRoute: (route) => {
15       return ![14019708,14435104,14435107].includes(route.id)
16     }
17   }, gtfsOptions: {
18     agencyTimezone: "Africa/Accra",
19     fakeStops: () => true,
20     stopNameBuilder: (stops) => {
21       if (!stops || stops.length == 0) {
22         stops = ["innominada"]
23       }
24       return stops.join(" y ")
25     },
26   }
27 }).catch(error => console.error(error))
```