

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

**“OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE MOVILIDAD,  
EN EL CORREDOR URBANO ERMITA IZTAPALAPA,  
MEDIANTE LA PROPUESTA DE UN SISTEMA BRT”**

TRABAJO RECEPCIONAL QUE  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

P R E S E N T A :  
**JUAN FERNANDO VARGAS GASPAR**

DIRECTOR DEL TRABAJO RECEPCIONAL  
**M. EN C. EMILIO BRAVO GRAJALES**

CODIRECTOR  
**DR. LUIS CHÍAS BECERRIL**

Ciudad de México, enero, 2017

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

## **Agradecimientos**

*Primero que nada agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional, la paciencia, cariño y esfuerzo que depositaron en mí para que concluir mis estudios de ingeniería.*

*En segundo lugar agradezco a toda mi familia por su apoyo durante todo este tiempo y en especial a Guillermina Vargas siempre te recordare donde quiera que estés.*

*En tercer lugar agradezco a cada uno de mis amigos por su amistad, apoyo y hermandad.*

*También agradezco a todos cada uno de los profesores que me brindaron su apoyo para el desarrollo de este trabajo de tesis, a mi director, M. en C. Emilio Bravo Grajales y a mi codirector, Dr. Luis Chías Becerril, y a los profesores, M. en C. Carlos Ernesto Martínez Rodríguez, M. en I. Juan Gilberto Salas Márquez, Dr. José Alberto Valdez Palacios, y al M. en I. Rubén Téllez Sánchez y a todos los demás profesores de la academia de ingeniería en sistemas de transporte urbano del plantel San Lorenzo Tezonco.*

Esta tesis se desarrolló con el apoyo del convenio **SECITI/061/2016** de colaboración con la Secretaria de Ciencia y Tecnología e Innovación (SECITI) de la Ciudad de México y el Centro de Investigación y educación en Transporte y Movilidad (CITMA), S.C., a través del proyecto **“Sistema de Monitoreo y análisis para la toma de decisiones en materia de congestionamiento vehicular y movilidad para la Ciudad de México”**.

*Por último agradezco el apoyo económico otorgado por la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) para la impresión y empastado de esté trabajo de tesis.*

## ÍNDICE.

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                                       | 5  |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                  | 7  |
| CAPITULO 1.....                                                                    | 9  |
| METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....                                                  | 9  |
| 1.1. Planteamiento del problema.....                                               | 9  |
| 1.2. Localización geográfica.....                                                  | 13 |
| 1.3. Justificación.....                                                            | 14 |
| 1.4. Objetivo general y particular.....                                            | 15 |
| 1.5. Hipótesis.....                                                                | 16 |
| 1.6. Metodología.....                                                              | 16 |
| CAPITULO 2.....                                                                    | 19 |
| MARCO TEÓRICO.....                                                                 | 19 |
| 2.1. El desarrollo sostenible y el transporte público.....                         | 19 |
| 2.2. Accesibilidad y conectividad en el transporte.....                            | 25 |
| 2.3. Movilidad urbana y transporte público.....                                    | 27 |
| 2.4. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).....                                | 30 |
| 2.5. Sistema de transporte BRT (Autobús de Tránsito Rápido).....                   | 33 |
| CAPITULO 3.....                                                                    | 38 |
| CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA<br>MOVILIDAD..... | 38 |
| 3.1. Población de Iztapalapa y de la zona de estudio.....                          | 38 |
| 3.2. Estructura urbana.....                                                        | 42 |
| 3.3. Desarrollo urbano y usos de suelo.....                                        | 44 |
| 3.4. Vivienda.....                                                                 | 47 |
| 3.5. Movilidad en Iztapalapa y la zona de estudio.....                             | 49 |
| 3.6. Red vial de la zona de estudio.....                                           | 51 |
| 3.7. Transporte público de la zona de estudio.....                                 | 53 |
| CAPITULO 4.....                                                                    | 58 |
| ANÁLISIS PARA LA PROPUESTA BRT (AUTOBÚS DE TRÁNSITO RÁPIDO).....                   | 58 |
| 4.1 Indicadores.....                                                               | 58 |
| 4.2. Análisis de ascensos, descensos y ocupación en la zona de estudio.....        | 59 |

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3. Velocidad y tiempo de recorrido en los sistemas de transporte público del eje 8 sur Calzada Ermita Iztapalapa. .... | 66  |
| 4.4. Volumen vehicular en el corredor de la zona de estudio.....                                                         | 70  |
| 4.5. Rutas de transporte en la zona de estudio. ....                                                                     | 72  |
| 4.6. Análisis de la Demanda Potencial (DP), utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). ....                  | 76  |
| 4.7. Geometría del movimiento para un autobús articulado.....                                                            | 87  |
| 4.7.1. Dimensiones y capacidad del vehículo Volvo 7300 Articulado. ....                                                  | 89  |
| 4.7.2. Características de proyecto de un autobús articulado. ....                                                        | 90  |
| 4.7.3. Patrón de Giro (PG) de un autobús Volvo 7300 articulado.....                                                      | 94  |
| 4.8. Radio de Giro de un autobús articulado BRT. ....                                                                    | 97  |
| 4.9. Elementos Geométricos de una Curva Circular. ....                                                                   | 100 |
| CAPITULO 5.....                                                                                                          | 114 |
| IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE UN SISTEMA BRT. ....                                                                   | 114 |
| 5.1. Diseño de la propuesta de un sistema BRT a implementar. ....                                                        | 114 |
| 5.2. Consumo de energía al utilizar un sistema BRT. ....                                                                 | 119 |
| 5.3. Información para el usuario mediante sistemas inteligentes de transporte en las unidades de BRT. ....               | 124 |
| 5.3.1. Propuesta de un sistema ITS dentro de cada vehículo del sistema BRT. ....                                         | 124 |
| 5.4. Análisis financiero del sistema ITS propuesto.....                                                                  | 125 |
| 5.4.1. Costo del sistema ITS. ....                                                                                       | 125 |
| 5.4.2. Pago del sistema ITS. ....                                                                                        | 128 |
| 5.4.3. Flujo de Efectivo. ....                                                                                           | 129 |
| 5.5. Costo total del sistema BRT. ....                                                                                   | 130 |
| Conclusiones y recomendaciones.....                                                                                      | 133 |
| Bibliografía.....                                                                                                        | 136 |
| ANEXO A. Diagramas de aforos de volumen vehicular.....                                                                   | 141 |
| ANEXO B. Características del sistema ITS en los vehículos BRT.....                                                       | 146 |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                                                   | 159 |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS. ....                                                                                                 | 159 |
| ÍNDICE DE MAPAS. ....                                                                                                    | 162 |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                                                                                    | 163 |

## RESUMEN.

En este trabajo de tesis se analiza la problemática de movilidad y transporte urbano, que se presenta en el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, en el tramo comprendido entre el Centro de Transferencia Modal (**CETRAM**) de Santa Martha y Metro constitución de 1917. Este territorio se encuentra en la zona urbana de la delegación más poblada de la Ciudad de México, la delegación Iztapalapa, la cual cuenta con 1, 815,786 habitantes de acuerdo a la encuesta Intercensal del año 2015, esta vialidad forma parte esencial de la configuración espacial del territorio y de problemas de asentamientos humanos irregulares y movilidad en la zona.

En esta vialidad, el congestionamiento, la invasión de carriles centrales por el transporte público y de carga, las paradas de ascenso y descenso de pasajeros sin orden, y los giros a la izquierda, el nulo respeto de las señales de tránsito; son solo algunas de las variables que se presentan a lo largo de este tramo de la vialidad. Esto provoca que se generen incrementos de emisiones contaminantes principalmente: dióxido de carbono (**CO<sub>2</sub>**), el aumento de gases de efecto invernadero (**GEI**), contaminación auditiva y visual; así como, la probabilidad de que ocurran accidentes en las principales intersecciones. De igual manera los riesgos para el peatón, bicicletas y motocicletas se incrementan al cruzar de un extremo a otro haciendo caso omiso a las señales de tránsito.

Además es necesario considerar algunos problemas de infraestructura vial tales como: La falta de señalización horizontal y vertical, pavimento asfáltico en malas condiciones, por mencionar algunos problemas de infraestructura vial, ocasionando principalmente dificultades entre los modos de transporte. Todos estos factores alteran la movilidad de la zona, Lo que ocasiona problemas de congestionamiento vial en Horas de Máxima Demanda (**HMD**).

Una propuesta que contribuya a disminuir los problemas de movilidad en la zona de estudio, es proponer mejores sistemas de transporte públicos, planificados y operados de acuerdo a las necesidades de la demanda, una alternativa es generar corredores masivos de transporte sustentables como lo son los sistemas de Autobuses de Tránsito Rápido o conocidos mundialmente como sistemas de transporte **BRT** (Bus Rapid Transit por sus siglas en inglés) término que se utilizará de ahora en adelante en este proyecto de tesis, ya que las características de la infraestructura vial de la zona cumplen con las condiciones necesarias para implementar un sistema BRT.

Un corredor sustentable que minimice los tiempos de viaje y mejore los desplazamientos de los usuarios con la propuesta del sistema BRT en un territorio donde se localizan asentamientos irregulares, contribuirá a mejorar la movilidad de la zona a lo largo de todo el corredor, ya que de esta forma se conectarían dos CETRAM mencionados anteriormente del Sistema de Transporte Colectivo (STC) coloquialmente conocido como el Metro de la Cd. de México, de gran Importancia en la delegación Iztapalapa y la zona oriente de la Ciudad. El Metro que colinda con el Estado de México, en una zona de las llamadas Zonas de Integración Metropolitana (ZIM). La propuesta de sistema BRT en general reduciría los tiempos de viaje, además de aumentar la conectividad con otros modos de transporte público y concesionado de la zona de estudio, de la delegación Iztapalapa y el Estado de México.

## INTRODUCCIÓN.

*“El tiempo es la distancia más larga entre dos lugares”*

- Tennessee Williams, dramaturgo, 1911–1983.

Los problemas de movilidad y transporte en la Ciudad de México, y en particular en la zona oriente, son expresión de la dinámica espacial que vive la ciudad y que tiende hacia una forma territorial más dispersa y fragmentada, saturando las vialidades, e incrementado los tiempos de recorrido en la movilidad cotidiana. En esta investigación de tesis se presenta un análisis de propuesta de un sistema de transporte masivo en un tramo de la vialidad del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.

Un reordenamiento urbano-vial de las rutas de transporte que corren a lo largo de la zona de estudio, permitiría ajustar el tránsito en la zona al implementarse un sistema de transporte BRT los beneficios en la reducción en el tiempo y desplazamiento de viaje, optimizando el tránsito en la zona para los usuarios y conductores en general, que a diario circulan en esta vialidad, ya sea en automóvil particular, transporte público, bicicleta y motocicleta.

Al proponer un sistema de transporte público tipo BRT sustentable e integrado con otros sistemas de transporte mejorará la movilidad de la zona, ya que actualmente el transporte público en el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa es deficiente y de baja calidad en nivel de servicio en términos de ingeniería en transporte urbano. Por lo tanto al implementarse un nuevo sistema de transporte, debe planificarse considerando una perspectiva sustentable que integre la estructura urbana con el ambiente y la sociedad en el corredor a estudio.

Con la propuesta del BRT se podrán reducir las emisiones contaminantes que se generan en el corredor; mejorando el aspecto visual y entorno urbano del mismo, ofertando un mejor servicio para los usuarios de una zona donde se generan aproximadamente 30,150 viajes en HMD al día en ambos sentidos, tanto locales como interurbanos.

El trabajo recepcional que aquí se expone, está organizado en 5 capítulos, en el capítulo I se presenta la metodología de investigación utilizada, el planteamiento del problema, la localización geográfica de la zona de estudio, la justificación y pertinencia del tema de tesis;

así como los objetivos de nuestra investigación. Además de las hipótesis, métodos y equipos utilizados.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, como base sustancial para entender la problemática desde una perspectiva teórica basada en conceptos tales como el desarrollo sustentable, accesibilidad y conectividad en el transporte, sistemas inteligentes de transporte (**ITS** por sus siglas en inglés), movilidad urbana y transporte público y una conceptualización sobre los sistemas denominados BRT en Latinoamérica y en México.

La caracterización de la zona de estudio, se presenta en el capítulo III, con datos de población, de vivienda, movilidad, red vial y transporte público; así como los usos de suelo. Las características reales de la zona nos permiten tener una mejor comprensión y sensibilidad de la problemática de movilidad a estudio.

Una vez delimitada la zona de estudio y se logró entender la problemática, se procedió a realizar los estudios y análisis correspondientes en materia de ingeniería de transporte urbano.

En el capítulo IV, se presentan los estudios de ingeniería de tránsito en campo y documental como análisis de ascenso y descenso, velocidad y tiempo de recorrido, volumen vehicular, rutas de transporte y análisis de la demanda potencial, diseño geométrico de las vías, radios de giro de curvas circulares y patrones de giro para un autobús articulado, características clave para proponer un sistema de transporte masivo tipo BRT.

En el capítulo V se incluye una comparativa de análisis energético del consumo de combustible de los vehículos BRT, propuesta de implementación de un sistema ITS con estudios de ingeniería para su implementación en los vehículos del BRT, los diagramas operativos, elementos físicos y análisis financiero y el costo total del ITS.

Se presenta la propuesta del sistema BRT, la geometría del movimiento de un autobús articulado, las dimensiones y capacidad del vehículo, así como el patrón de giro de un autobús articulado, los elementos geométricos y el diseño de la propuesta por medio de planos del sistema BRT. Finalmente el costo total de la propuesta del sistema BRT, conclusiones y recomendaciones.

# CAPITULO 1

## METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.

---

### 1.1. Planteamiento del problema.

La problemática que se genera a lo largo del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa acotado por los CETRAM Constitución de 1917 y Santa Martha se propicia principalmente por: congestión vial, invasión de carriles centrales por el transporte público y concesionado, transporte de carga, paradas continuas en lugares no establecidos por el transporte de pasajeros, afectaciones de las vialidades por todo tipo de vehículos, especialmente en HMD, obstrucción de carriles laterales por todo tipo de vehículos estacionados ya que la zona de estudio carece de cajones de estacionamiento para dicha demanda vehicular, problemas por:

1. Movimientos a la izquierda de los vehículos en las intersecciones lo que retrasa el flujo continuo de vehículos.
2. No se respetan las señales de tránsito (horizontal y vertical) tanto por el conductor y peatón.

Las causas mencionadas propician el incremento de emisiones contaminantes principalmente de CO<sub>2</sub> y GEI, contaminación auditiva y visual, dichas causas son originadas por todos los modos de transporte que a diario transitan por el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, que se traduce en daños a la salud y afectaciones a la calidad de vida para los usuarios y personas en la zona de estudio.

La posibilidad de accidentes viales en las principales intersecciones del corredor, se incrementan debido a que no se respetan las señales semaforizadas, los riesgos para el peatón se presentan al cruzar de un extremo a otro de la calzada y al hacer caso omiso a las señales de tránsito o simplemente se les obstruye el paso por medio de los vehículos e incluso por el equipamiento que se encuentra en las banquetas que se localizan en las intersecciones lo que ocasiona que el peatón pierda visibilidad del semáforo y de los vehículos. Los espacios públicos que están invadidos por ambulante y comercio de todo

tipo, haciendo de todo el corredor una zona insegura para caminar y a su vez difícil de cruzar como se menciona anteriormente, así como también las malas condiciones del pavimento asfáltico que pone en riesgo principalmente a los conductores de bicicleta y motocicleta. La suma de estos factores altera la movilidad de las personas y de los vehículos.

Otras causas referentes a los modos de transporte de la zona de estudio:

- i. No se respetan los carriles exclusivos para el transporte público que recorre esta importante vialidad, como son los autobuses del Grupo Metropolitano de Transporte (GMT), autobuses de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) del Distrito Federal y transporte concesionado (microbuses, autobuses y combis) en este caso de la ruta 14 que predominan en mayor número en el corredor afectando el flujo vehicular en HMD de 6:00 a.m. a 9:00 a.m., 12:00 p.m. a 3:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 9:00 p.m., de acuerdo a los estudios de campo. En la imagen 1.1 se observa la competencia desleal del transporte concesionado ocupando hasta cuatro carriles de la Calzada.

Para optimizar la movilidad de la zona se propone implementar un sistema masivo de transporte que mejoraría el tránsito vehicular, así mismo de un mejor control de la vía más segura las 24 horas del día, al sustituir las rutas de transporte concesionado por el nuevo sistema masivo de transporte, que conlleva a reordenar las rutas alimentadoras del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.



**Imagen 1.1** Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con Av. Reforma Económica.

**Fuente:** Tomada en campo 2015.

En la imágenes 1.2 se puede ver a los vehículos de transporte concesionado compitiendo por los usuarios, además las condiciones en mal estado de dichos vehículos, no se observa señalización horizontal. En la imagen 1.3 se muestra el tránsito de transporte de carga que afecta la circulación vial tanto de peatones y vehículos.



**Imagen 1.2** Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Tomada en campo 2015.



**Imagen 1.3** Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con Av. Santa Cruz Meyehualco.

**Fuente:** Tomada en campo 2015.

En las imágenes 1.4 y 1.5 se puede observar la presencia de ambulante y comercio fijo, en banquetas y camellones afectando el tránsito peatonal y vehicular.



**Imagen 1.4** Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) Av. De las Minas.

**Fuente:** tomada en campo 2015.



**Imagen 1.5** Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con eje 6 Sur.

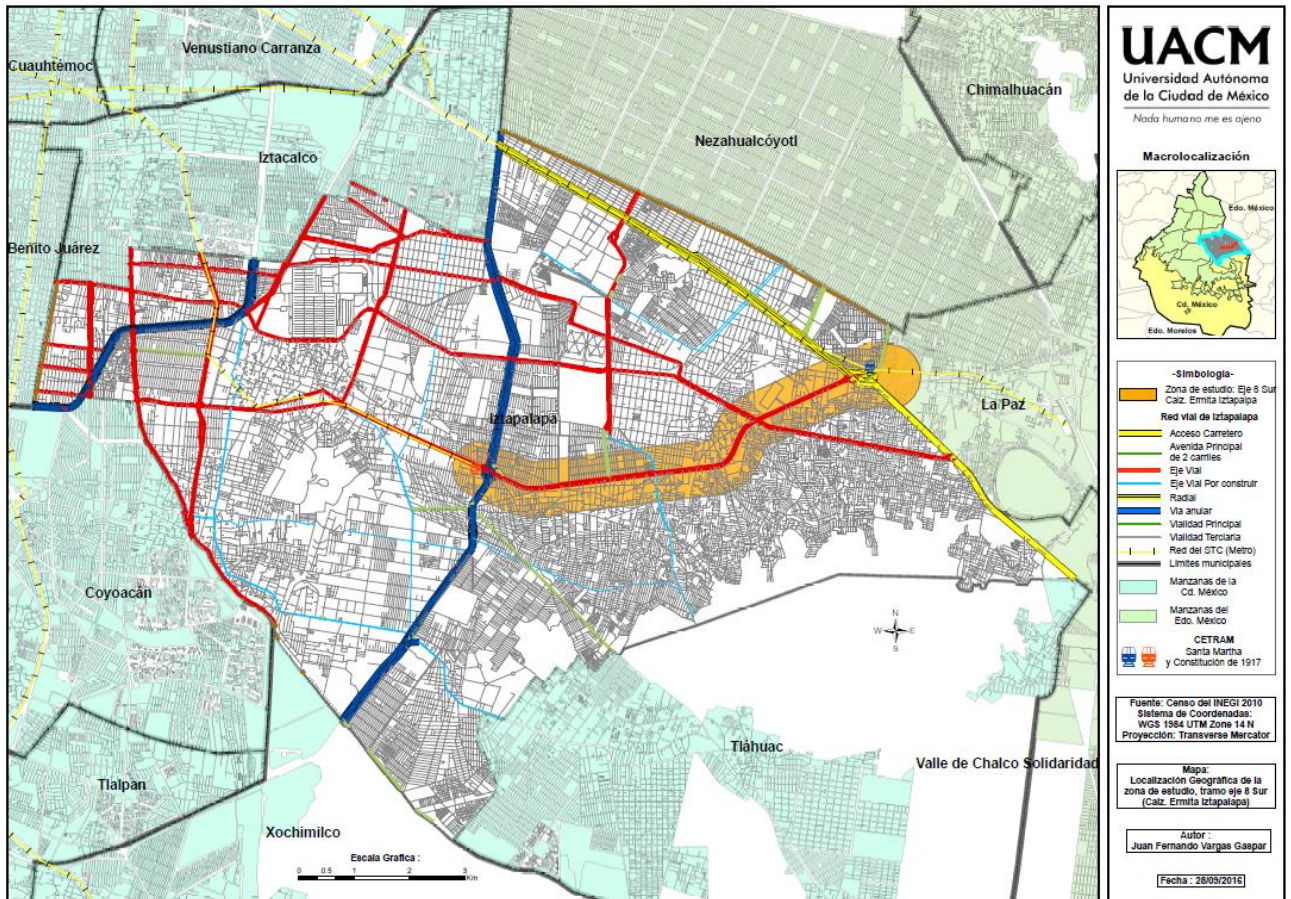
**Fuente:** tomada en campo 2015.

## **1.2. Localización geográfica.**

La zona de estudio es el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, comprendida entre los CETRAM Santa Martha y Constitución de 1917. Esta zona de estudio se encuentra ubicada en la delegación Iztapalapa, en la parte oriente de la ciudad de México, con el mayor número de habitantes. La delegación Iztapalapa es una zona densamente poblada e importante en cuanto a movilidad se refiere ya que es uno de los principales accesos para ingresar y salir de la ciudad de México por la carretera México – Puebla. La zona de estudio está conformada por los denominados pueblos de Iztapalapa, además de los CETRAM ya descritos, los cuales son: Santa Martha Acatitla, Santiago Acahutepec, Santa María Aztahuacan, Santa Cruz Meyehualco.

La zona de estudio se encuentra en una de las arterias importantes como lo son las vialidades primarias de la Cd. de México, conocidos comúnmente como ejes viales de la ciudad, es parte de uno de los 31 ejes viales de la red vial de Iztapalapa, con una longitud aproximada del tramo a estudio de 9 kilómetros, acotado por los límites de la carretera Federal México – Puebla, Av. México y la Autopista México – Puebla, donde comienza el estado de México y la periferia de la delegación Iztapalapa. Ver mapa 1.1.

Los viajes que se realizan a diario provienen principalmente por los diversos municipios del estado de México como son: Valle de Chalco Solidaridad, Los Reyes la Paz, Ixtapaluca, Netzahualcóyotl entre otros y de los mismos habitantes de la zona, así como de otras delegaciones de la ciudad que todos los días utilizan el corredor para realizar actividades de trabajo, educación, abasto, recreación y otros.



**Mapa 1.1** Localización geográfica del tramo a estudio eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.

**Fuente:** elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), con base en datos del INEGI 2010.

### 1.3. Justificación.

La problemática de la zona de estudio:

1. El mal uso de los carriles por el transporte público y privado.
2. Las rutas alimentadoras a la zona de estudio son las que provocan congestión en las intersecciones en HMD a lo largo de todo el corredor interrumpiendo el flujo continuo de los vehículos.
3. El mal uso de la infraestructura vial y la falta de cultura, todo esto genera riesgos de accidentes a usuarios del transporte público y privado.

4. Las afectaciones por el transporte de carga que circulan a cualquier hora a lo largo del en el corredor, provocando congestión vial y contaminación al ambiente ya que en su mayoría son vehículos en mal estado.

En consecuencia se tiene contaminación al medio ambiente, ya que se despiden mayor número de gases contaminantes, generando problemas a la salud de los habitantes en la zona de estudio, pérdidas económicas, congestión vial, demoras de viaje, afectaciones físicas, es decir de la carpeta asfáltica.

Se propone un sistema de transporte público tipo BRT que cumpla con las necesidades de los usuarios de acuerdo a la demanda potencial al menor costo, además de ofrecer mayor conectividad y accesibilidad de intercambio modal que se requiere en la zona, los beneficios son transportar una gran cantidad de usuarios de una forma rápida, cómodo y segura, además de reordenar las rutas alimentadoras de transporte público y concesionado, como parte a la solución de la movilidad de todo el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa es decir, implicaría una reducción de tiempo y desplazamiento de viaje y la mejora del nivel de servicio en el corredor.

#### **1.4. Objetivo general y particular.**

Optimizar mediante la propuesta de implementación de un sistema masivo de transporte público tipo BRT las condiciones de movilidad en el tramo de estudio del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, desde el CETRAM Constitución de 1917 hasta el CETRAM Santa Martha.

#### **Objetivos particulares.**

- I. Conocer la necesidad de la demanda de pasajeros del corredor.
- II. Medir el volumen vehicular del transporte público existente.
- III. Investigar que se requiere para la implementación de un sistema ITS dentro de los vehículos del sistema BRT para mejorar la calidad del nivel de servicio a los usuarios.
- IV. Analizar la propuesta de un BRT para optimizar la movilidad del corredor urbano.

## **1.5. Hipótesis.**

Considerando las características técnicas y geométricas de la vía en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, existen condiciones para la implementación de un sistema de transporte público tipo BRT, generando impactos positivos para los usuarios en la calidad del servicio, además de reducir el tiempo de desplazamiento de viaje, mejoras en el servicio al usuario, seguridad vial y control en la operación del sistema, así como modificaciones al entorno e infraestructura vial.

## **1.6. Metodología.**

### **Metodología a utilizar.**

La metodología principal para lograr los objetivos de esta tesis, se basa en los estudios de ingeniería en sistemas de transporte urbano en materia de operación y planeación del transporte urbano, como el diseño geométrico y operación del transporte, ingeniería de tránsito, modelos de demanda del transporte y sistemas ITS, así, como consumo de energía y sustentabilidad aplicados al transporte urbano.

Los métodos y equipamiento utilizado para la realización del proyecto son un administrador de base datos (Excel), software especializado para el análisis de datos estadísticos, diseño y trabajo de campo como: ArcGIS 10, GPS Photo Tagger, Time Marke Vías 2.2, Solidworks 2014y Auto CAD 2014.

### **Métodos y equipos a utilizar:**

Estimación de la demanda potencial basándose en el método de la Acumulación de Oportunidades el cual consiste en identificar todos los usuarios potenciales en cada Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana y estimar sus viajes potenciales de la siguiente manera:

1. Se tomó como referencia una cercanía de 500 metros al eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, para contabilizar el número de habitantes y establecer patrones de compensación y/o equilibrio según el área de cercanía y/o aproximación de cada

AGEB. La distancia que se toma es debido a lo recomendado por el **Estándar BRT 2012 versión 1.0** del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (IPTD), (puesto que una persona en promedio está dispuesta a caminar para acceder a un sistema de transporte público no más de 500 metros entre estaciones) ya que optimiza la velocidad del autobús y si la distancia se ubica por debajo afectaría la velocidad de dicho vehículo. Por lo tanto, se debe mantener de manera moderada el espaciado entre las estaciones, con una distancia óptima promedio entre ellas de máximo 800 metros y mínimo de 300 metros.

2. Se definió el porcentaje (%) de población que utiliza Transporte Público (Bicitekas, 2007) (Reparto Modal, obtenido de la encuesta origen – destino del año 2007).
3. Se obtuvieron los patrones viajes por persona (promedio de viajes diarios de la entrada) de acuerdo a la encuesta Origen – destino del año 2007, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) del año 2010 y el Programa Integral de Transporte y vialidad (PITV) 2013 -2018.
4. Se delimitó el número de viajeros (población por AGEB cercanía a 500 metros) respecto al porcentaje del reparto modal (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI), 2014).
5. Finalmente se multiplicó el porcentaje de personas que utiliza el Transporte Público por el promedio de viajes en la entidad, al resultado se le denomina demanda potencial de viajes.

Equipo de Conteo de volumen vehicular EPSILON NT:

- Para el cálculo de volumen vehicular se utilizó un equipo de conteo por medio de pulsaciones manuales (presión de botón). Dicho dispositivo se muestra en la imagen 1.6, estudio realizado en campo con un horario de aforo de volumen vehicular de 6:00 a.m. hasta las 9:00 p.m. los días martes, miércoles y jueves, en intervalos de tres horas de HMD, como lo marca los estándares de ingeniería de tránsito (Manuales de tránsito) y evitar sesgos en la información recopilada.

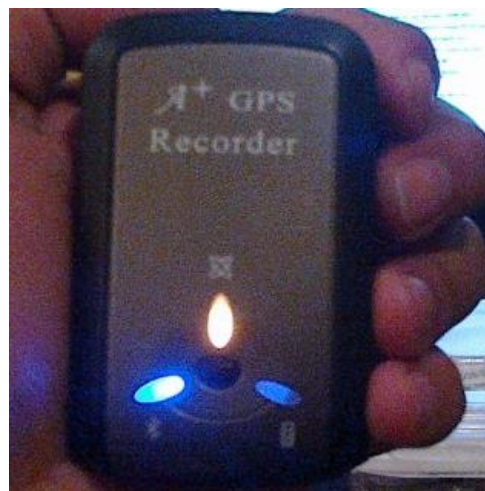


**Imagen 1.6** Equipo de conteo vehicular EPSILON NT.

**Fuente:** Mercado Libre.(2015).Equipos de conteo vehicular. [Imagen 1.6]. Obtenido de:[http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-567283000-equipos-de-conteo-vehicular-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-567283000-equipos-de-conteo-vehicular-_JM).

Sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) Data Logger:

- Se utilizó un sistema GPS (747+ con conectividad bluetooth), para realizar el recorrido en las ruta en la zona de estudio, con los datos recabados como la velocidad, distancia, tiempo y altitud, sustentar el cambio de vehículos a los propuestos por el sistema de transporte público tipo BRT y los beneficios tanto ambientales, como económicos y sociales.



**Imagen 1.7** Dispositivo GPS Data Logger 747+ (A+ GPS Recorder).

**Fuente:** Foto propia, tomada en capo 2015.

## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO.

---

En este capítulo encontramos las referencias conceptuales que nos proporcionan un marco teórico para sustentar nuestro trabajo de tesis, el cual se construye con conceptos como: Desarrollo sustentable y transporte público, accesibilidad y conectividad en el transporte, movilidad urbana y transporte público, Sistemas ITS, sistemas BRT en América Latina y en México.

#### 2.1. El desarrollo sostenible y el transporte público.

##### La definición de lo sustentable.

El ambiente natural, en las ciudades es cada vez más caótico, (una de las causas principales es la congestión originada por el transporte urbano) la calidad de vida de los ciudadanos se ve afectada a causa del tránsito en HMD, donde en ciudades como la Cd. de México, se ha creado una gran dependencia de los transportes en especial de automóvil particular, (los viajes que cada persona realiza de un origen a un destino) con la finalidad de satisfacer una necesidad. Son cada vez más costosos desde la perspectiva económica, ambiental y social.

El dilema del transporte urbano en las ciudades, donde la demanda de movilidad se ha incrementado drásticamente y los diferentes sistemas de transporte que tratan de satisfacer la necesidad de movilidad de las personas han impactado negativamente en el medio ambiente, incrementándose al mismo ritmo que el crecimiento urbano, con efectos irreversibles. Una deficiente planificación y el crecimiento acelerado de la población e infraestructura, han afectado los recursos naturales donde se desarrollan las urbes.

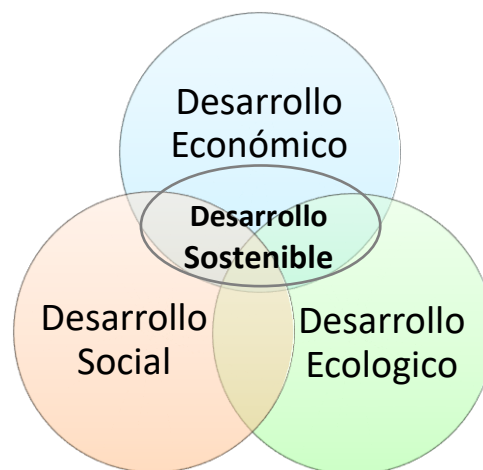
De acuerdo al documento (reporte) elaborado en 1987 con título: **Nuestro Futuro Común** elaborado por La Comisión Brundtland encargado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), “*considera como prioridad que la humanidad debe de cambiar la manera en que utiliza sus recursos y mejorar el modo de calidad de vida y la forma en cómo los optimiza, de no hacerlo habrá consecuencias en sus recursos naturales afectando la calidad de vida de los seres humanos y degradando la vida misma del planeta*”. Concluye diciendo que el desarrollo

sustentable es satisfacer las necesidades presentes sin afectar los recursos para las futuras generaciones (Lina Manjarrez Pedro, Romero Vadillo Irma G. y Bravo Grajales Emilio, 2011).

### **Los tres aspectos básicos del desarrollo sustentable.**

El concepto de sustentabilidad ha surgido de manera global, en los procesos políticos de cada ciudad, es por ello que la sustentabilidad no solo se enfoca en la naturaleza y/o los recursos naturales, va más allá, es un proceso que se ha pretendido complementar, de acuerdo a las necesidades de nuestro tiempo, se consideran los tres siguientes aspectos:

1. La parte económica, es decir la necesidad de desarrollo económico para erradicar la pobreza.
2. La parte ecológica, la necesidad de protección ambiental del aire, agua, suelo y biodiversidad, que todos en última instancia dependemos.
3. La parte social, la necesidad de justicia social y diversidad cultural para permitir que las comunidades locales el acceso a bienes de producción considerando tanto aspectos cuantitativo como cualitativos para el desarrollo. En este trabajo de tesis cuando nos referimos a sustentabilidad, queremos decir simplemente el logro de las ganancias globales del medio ambiente a lo largo de la cual cualquier desarrollo económico o social. Ver figura 2.1.



**Figura 2.1** Los tres aspectos que conforman el desarrollo sostenible.

**Fuente:** Elaboración en base a los tres aspectos del desarrollo sustentable de lo citado por Jeffrey., N. P. (1999).

Por lo menos hay tres dimensiones: el económico de nivel local, desarrollo comunitario y desarrollo ecológico. Cada una de estas dimensiones se abarcan otros temas diferentes (Jeffrey., 1999).

I. Aspectos a considerar para la parte del desarrollo económico.

- i. Mantener el crecimiento económico.
- ii. Maximizar las ganancias privadas.
- iii. Externalizar los costos.

II. Aspectos a considerar para la parte del desarrollo ecológico.

- i. Respetar la capacidad de carga.
- ii. Conservar y reciclar recursos.
- iii. Reducir los residuos.

III. Aspectos a considerar para la parte del desarrollo social.

- i. Aumentar la autosuficiencia local.
- ii. Satisfacer las necesidades humanas básicas.
- iii. aumentar la equidad social.
- iv. Garantía de participación y rendición de cuentas.
- v. Uso apropiado de la tecnología.

**Desarrollo sustentable y la declaración de Río de Janeiro Brasil:**

La declaración de Río de Janeiro Brasil tiene su origen en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (**CNUMAD**) en el año de 1992, la comunidad internacional abordó los retos de desarrollar un modelo global, sin restar independencia a las decisiones nacionales, y fuera capaz con parámetros comunes de asegurar, de la mano con el desarrollo económico, el bienestar social y ambiental de todo ser humano.

A lo largo del foro, se planteó el desarrollo sustentable como la única alternativa a seguir, para un adecuado desarrollo ambiental y de largo plazo. El aporte de México en dicha

conferencia para avanzar hacia una sociedad sustentable, consistió en la implementación de nuevas instituciones en materia ambiental y en el mejoramiento de la gestión ambiental. Además de cambios en los esquemas de recursos naturales y el aprovechamiento de estos para un óptimo desempeño acorde al medio ambiente. A pesar de los logros alcanzados resultaron moderados en comparación con los retos de la sociedad mexicana en las últimas décadas.

Sin embargo, las tasas de degradación ambiental permanecen, y aumentan después de la Conferencia de Río, por lo que se demanda con sentido de urgencia y alta prioridad política una nueva estrategia, una nueva visión y sobre todo, un nuevo compromiso político dirigido a promover el desarrollo sustentable en México. Finalmente, diez años después de la declaración de Río de Janeiro, y respondiendo a las exigencias de la Resolución 55/199 de la Asamblea General de la ONU, los líderes del mundo han decidido reunirse nuevamente en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable (CMDS), en Johannesburgo, Sudáfrica, para evaluar el cumplimiento de la Agenda 21 y los avances hacia la sustentabilidad alcanzados por los países participantes, así como las tareas que aún quedan incompletas o pendientes.

#### **La declaración de Río de Janeiro proclama que:**

De acuerdo a la reunión realizada en Río de Janeiro con fecha de junio de 1992, reafirmando la Declaración de la CNUMAD sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar. La declaración consta de 27 principios los cuales hacen referencia a:

- A. El derecho a una mejor calidad de vida para los seres humanos como parte del desarrollo sostenible.
- B. El uso óptimo de los recursos naturales de cada país, sus propias políticas en materia de medio ambiente y de desarrollo.

- C. El desarrollo de cada país debe ejercerse de forma equilibrada de acuerdo a sus necesidades de desarrollo sin perjudicar los recursos presentes para las generaciones futuras.
- D. Para alcanzar el desarrollo sostenible, se deberá integrar la protección del medio ambiente como parte del desarrollo y no deberá de considerarse de forma aislada.
- E. Todas las personas y los Estados deberán de ayudar en la erradicación de la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, al fin de reducir los desequilibrios en los niveles de vida y ayudar a los que no tiene recursos para mejorar su calidad de vida a nivel mundial.
- F. Se debe dar prioridad y atención a países en desarrollo, es decir a los países más vulnerables y con más problemas de adelantos tecnológicos desde una perspectiva ambiental. De acuerdo a las medidas internacionales que se adopten con respecto al medio ambiente y de acuerdo a las necesidades y a los intereses con que cuenta cada uno de los países.
- G. Cada estado deberá de auxiliar con espíritu de solidaridad mundial para proteger, conservar y establecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra, ya que cada país ha contribuido a la degradación del medio ambiente (Organización de Naciones Unidas (ONU), 1992).

#### **Para el caso del transporte público sustentable.**

El aumento del uso de transporte privado en la Ciudad de México afecta la calidad de vida de las personas, el transporte público en la ciudad es deficiente o de baja calidad en el servicio, los usuarios de transporte público optan por utilizar su vehículo particular debido a las limitaciones del transporte público, además que tienen la percepción que es más seguro, rápido, confortable y que mejora su estatus social frente a otras personas que sí utilizan transporte público para realizar sus desplazamientos. El aumento del parque vehicular origina caos vial, es decir se utilizan más recursos fósiles para satisfacer una necesidad por kilómetro por persona, afectando otro tipo de recursos como los económicos, sociales, daños a la salud y al medio ambiente.

El transporte público se puede considerar como un bien social y cultural, y no primordialmente como un bien económico y político de acuerdo al Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales (CESCR, por sus siglas en inglés) de la ONU, en este aspecto se debe mejorar y planificar al transporte público para que genere los beneficios sociales que se requieren, es decir, *"que garantice el derecho a un medio ambiente sano y a la salud de las generaciones presentes y futuras, así como de todas las especies del planeta"* (declaración de Río de Janeiro de Junio de 1992).

Desafortunadamente, en países en vías de desarrollo incluyendo a México, no son tan comunes las prácticas para fijar los estándares de un transporte público adecuado, de lo citado en el Protocolo de Toronto por la Unión Internacional de Transporte Público (UITP) en el año de 1999 y aprobado por aproximadamente por 4, 000 especialistas en materia de transporte, donde se declaran tres áreas de acción a seguir para lograr una movilidad sustentable como: el desarrollo tecnológico, gerencial, organizativo y educativo. Para el caso del desarrollo de los sistemas de transporte público menciona tres incisos:

- a) equilibrio del medio ambiente;
- b) equidad social y,
- c) valor económico.

Se asegura que no se cumplen en su totalidad ninguno de los tres incisos descritos con anterioridad, para lograr un transporte estrictamente sustentable. Hoy en día se promueve el uso de transporte público masivo que mejore las condiciones de movilidad y medio ambiente y utilizar en lo posible menos recursos fósiles, con la finalidad de tener ciudades urbanas más sustentables.

## 2.2. Accesibilidad y conectividad en el transporte.

### Accesibilidad.

La dimensión espacial de la movilidad es la Accesibilidad. La relativa facilidad para superar la distancia de una variable relacionada con las características físicas de un espacio, las oportunidades de ciertas actividades o las características individuales de los ciudadanos; es lo que se denomina accesibilidad física, social y económica (Phillips D.R., y Williams, A.M., 1984). En general está definida por los componentes temporales, espaciales, sistemas de transporte y de comunicaciones. También como el elemento tecnológico que por medio de la velocidad constituye la relación espacio tiempo (Academia.Edu, 2016).

En términos de la accesibilidad para superar una distancia, se entiende como la medida que dimensiona la posibilidad de ir de un lugar a otro dependiendo de las características del sistema de transporte y la distribución de las actividades sobre el espacio, es decir, cuando se percibe como distancia que se interpone entre dos lugares, lleva implícito un valor de dificultad que debe superarse.

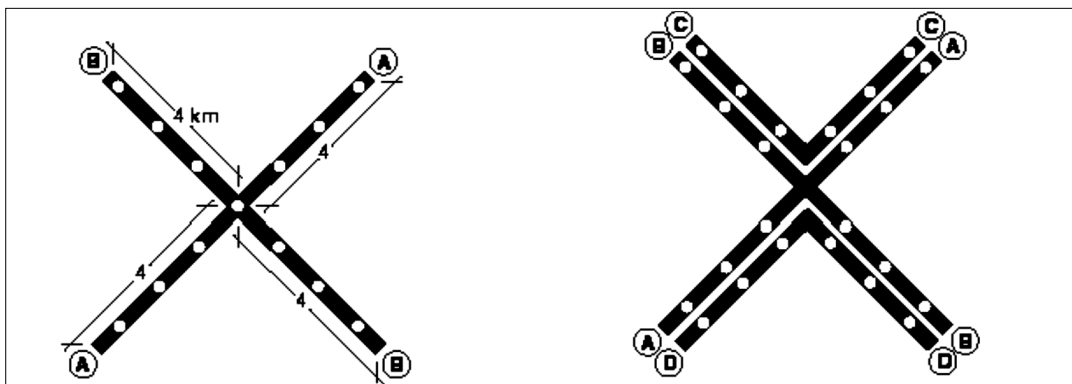
Lo anterior nos permite expresar la accesibilidad en términos de **fricción** de la distancia, lo cual implica un costo de transacción, en valores temporales o monetarios. La relativa facilidad para superar la fricción de la distancia, como un concepto relativo entre la distancia y su propia superación (Mireles-Gausch, 2002) hace posible la interacción social, facilitando el enlace entre actividades localizadas sobre un cierto territorio. Por esta última razón la accesibilidad, puede contemplarse como un instrumento relacionado con el acceso a los servicios y no solamente como la distancia relativa que éstos van redefiniendo mediante la velocidad. Por lo tanto, la accesibilidad puede ser una medida para calificar la eficacia de los transportes respecto a la posibilidad de modificar la vida cotidiana de los ciudadanos y permitir un determinado uso de la ciudad (Mireles-Gausch, 2002).

Un sistema transporte será accesible cuando permita a las personas satisfacer sus necesidades y formas de desplazamiento de forma autónoma.

## Conectividad.

La conectividad se define como el porcentaje de viajes que se pueden realizar con un mínimo de transbordos (Vukan R. Vuchic, Richard Clarke y Angel R. Molinero M., 1981) dependiendo de los patrones de viaje, la red de transporte existente, además de la relación entre rutas y líneas. Es necesario definir la diferencia existente entre línea y ruta. Una línea de transporte se conforma por una o más rutas de transporte. Las rutas de transporte es un conjunto de vialidades por donde transitan unidades de transporte en servicio entre dos puntos de terminales. La longitud de ruta de una red es la suma de todas las longitudes de las rutas. La longitud de líneas es la suma total de los tramos de vialidades por donde circula el transporte público. Finalmente, la longitud de una red puede ser mayor que la longitud de línea.

El grado de conectividad en una red de transporte se expresa en términos de la relación entre la longitud de ruta y longitud de línea, Esto nos proporciona una relación que nos permite contar con una característica a nivel sistema mientras que el porcentaje de viajes que incluyen transbordos expresan características de su utilización en función del sistema de transporte ( Ángel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Árellano, 1998). Ver figura 2.2.



**Figura 2.2** Operación independiente: dos rutas (A, B) y operación interconectada: cuatro rutas (A, B, C y D), de acuerdo a Ángel Molinero M. 1998.

**Fuente:** Elaborado en base a lo citado por Vukan R. Vuchic, Richard Clarke y Ángel R. Molinero M., (1981).

Finalmente, la conectividad en los sistemas de transporte público se define como la facilidad de desplazarse de un modo de transporte público a otro, de una manera rápida y con un mínimo de esfuerzo físico, es decir, sin tener que desplazarse grandes distancias para acceder a otro sistema de transporte público.

## **2.3. Movilidad urbana y transporte público.**

### **Movilidad urbana.**

El concepto de movilidad se refiere a la capacidad de viajar a muchos diferentes destinos. La movilidad ofrece a los viajeros una amplia gama de opciones en cuanto a dónde ir a satisfacer necesidades particulares. La Movilidad permite a los compradores elegir de entre una variedad centros comerciales y grandes almacenes de acuerdo a sus necesidades. Del mismo modo, la movilidad proporciona al viajero opciones para todo tipo de propósitos de viaje. La gama de opciones disponibles se hace añadiendo a una red de transporte eficaz que conecta el centro y la periferia de una ciudad con diversas alternativas de transporte dentro de un tiempo razonable, con relativa facilidad, y a un bajo costo (Roger P. Roess, 2004).

La movilidad urbana es una necesidad básica de las personas que debe ser satisfecha, y debe hacerse de manera tal que el esfuerzo que requieran los desplazamientos necesarios para acceder a bienes y servicios no repercuta negativamente en la calidad de vida, en las posibilidades de desarrollo económico, cultural, educativo y social de los ciudadanos. La movilidad urbana es también un derecho fundamental que debe estar garantizado, en igualdad de condiciones, a toda la población, sin diferencias derivadas del poder adquisitivo, condición física o psíquica, género, edad o cualquier otra causa.

Para entender mejor la problemática de movilidad urbana es necesario definir algunas causas que generan dicha problemática:

1. Uso excesivo del automóvil particular que ocasiona el incremento del parque automotor.
2. Los sistemas de transportes públicos saturados en HMD, obsoletos y con mantenimiento deficiente.
3. El transporte de carga operado bajo el esquema de hombre – camión.

Otra causa de los problemas de movilidad urbana se relacionan con las estructuras de ciudades con base en centroides (Distrito Central de Negocio o Central Bussines District

(CBD) por sus siglas en inglés) comerciales, industriales y financieras que obligan a la población a desplazarse grandes distancias, el desplazamiento como factor relevante para satisfacer necesidades tales como: trabajo, educación, compras, recreación, ocio u otro (López, 2008).

La movilidad urbana tiene como objetivo el movimiento óptimo, cómodo, seguro y universal para las personas y mercancías independientemente del medio que se utilice para su desplazamiento: a pie, en bicicleta, motocicleta, en automóvil y en transporte público.

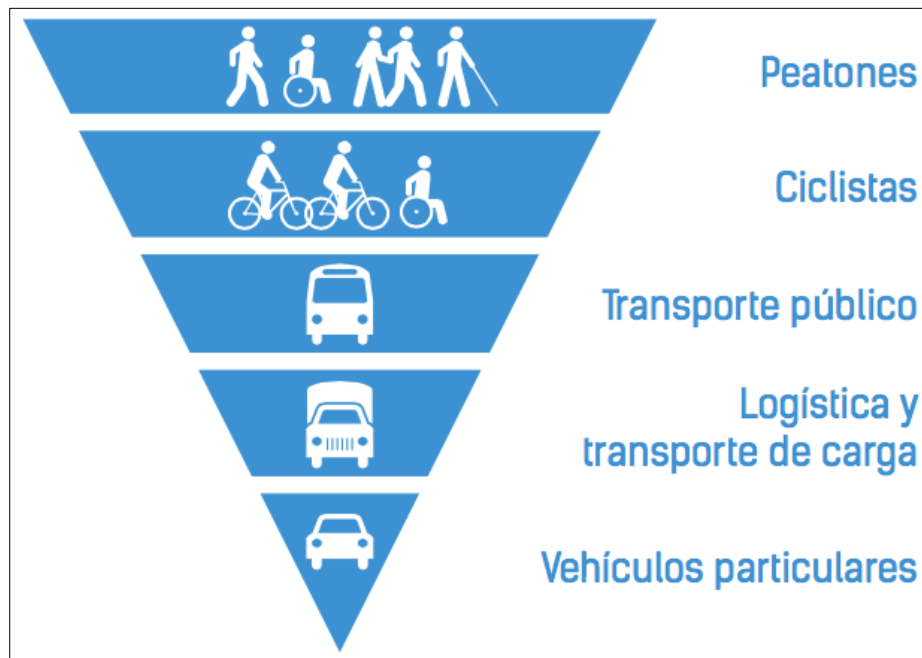
Se entiende por acciones de movilidad urbana sustentable aquellas que ayudan a reducir efectos negativos en las prácticas de movilidad responsable de personas sensibilizadas (desplazarse a pie, en bicicleta o en transporte público en lugar de su automóvil de ser posible, compartir un automóvil entre varias personas para acudir al trabajo, escuela, compras, etc.) el desarrollo de tecnologías que amplíen las opciones para resolver la movilidad urbana sustentable por parte de empresas o decisiones de las administraciones u otros agentes sociales para sensibilizar a la población o promover, llevadas a cabo por las administraciones públicas que se centran en reducir la congestión de las vías, al mismo tiempo que se reduce el consumo de combustibles fósiles contaminantes, el uso de vehículos de propulsión alternativa a través de esquemas de financiamiento, que gestionan las comunidades autónomas (González, Carmen Mataix, 2016).

Como parte de la nueva **ley de Movilidad de la Ciudad de México** aprobada en Junio del 2014, se presentan los siguientes objetivos con base al Programa Integral de Movilidad (**PIM**, 2013-2018).

La actual ley tiene las siguientes características; *“regular y controlar la prestación de los servicios de transporte de pasajeros y de carga en el Distrito Federal en todas sus modalidades, así como el equipamiento auxiliar de transporte, sea cualesquiera el tipo de vehículos y sus sistemas de propulsión, a fin de que de manera regular, permanente, continua, uniforme e ininterrumpida se satisfagan las necesidades de la población; así como regular y controlar el uso de la vialidad, la infraestructura, los servicios y los elementos inherentes o incorporados a la misma, para garantizar su adecuada utilización y la seguridad de los peatones, ciclistas, conductores y usuarios”* (El Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) México, 2016).

El PIM como parte de la política pública de movilidad, otorga una jerarquía a las personas más vulnerables, las causas que genera cada modo de transporte y su contribución a la productividad. Se otorga prioridad en la utilización del espacio vial y se valora la distribución de recursos presupuestales de acuerdo a la siguiente jerarquía de movilidad:

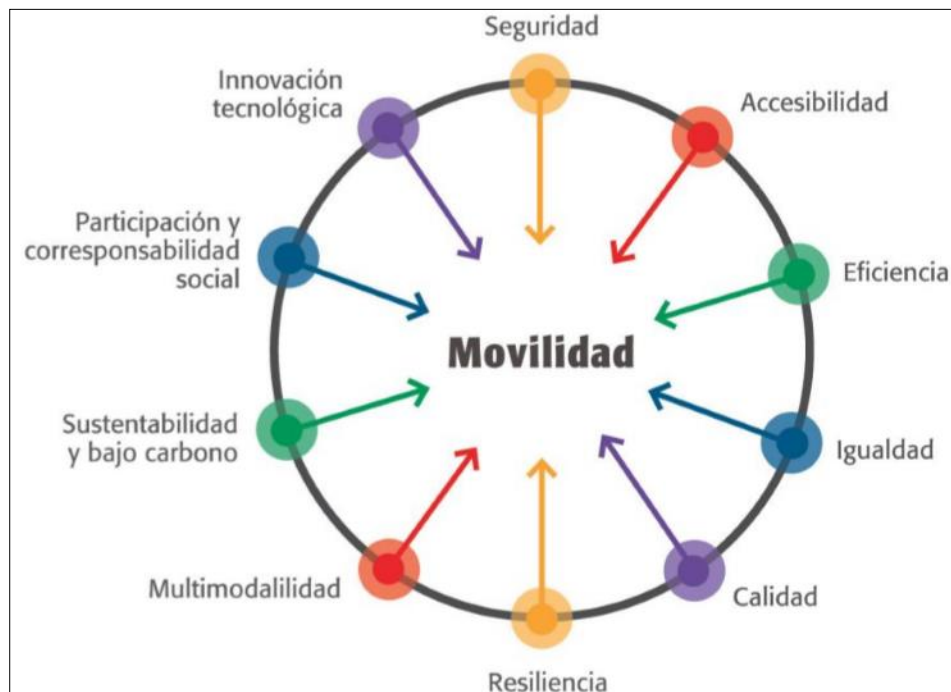
- I. *“Peatones, en específico personas con discapacidad y movilidad limitada, mujeres, niñas y niños;*
- II. *Ciclistas;*
- III. *Usuarios de transporte público de pasajeros;*
- IV. *Prestadores del servicio de transporte público de pasajeros;*
- V. *Prestadores del servicio de transporte de carga y distribución de mercancías;*
- VI. *Usuarios de transporte particular”.*



**Figura 2.3** Pirámide invertida con preferencia de movilidad.

**Fuente:** Plataforma Urbana. (2015). Pirámide invertida con preferencia de movilidad. [Figura 2.3].  
Obtenido de: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/04/28/peaton-primer-pro-bicicleta-y-zonas-calmas-las-iniciativas-del-plan-integral-de-movilidad-de-santiago/piramide-de-movilidad/>.

La nueva visión planteada en el PIM establece diez principios de la movilidad los cuales son: “Accesibilidad, eficiencia, igualdad, calidad, resiliencia, multi-modalidad, sustentabilidad y bajo carbono, participación y corresponsabilidad social, innovación tecnológica y seguridad”, los cuales reflejan las características con las que se debe contar para convertir una ciudad sustentable. Los principios son indispensables para la toma de decisiones por parte de la Administración Pública, al diseñar e implementar políticas públicas, programas y acciones en materia de movilidad como se muestra en la figura 2.4 (Gobierno del Distrito Federal, 2015).



**Figura 2.4** Principios de la movilidad.

**Fuente:** Gobierno del Distrito Federal. (2015). Jerarquía de la movilidad. [Figura 2.4]. Obtenido de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf>.

## 2.4. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte incorporan el uso de las telecomunicaciones y la informática orientadas a resolver problemas de los sistemas de transporte y/o de la movilidad. Se espera en un futuro propicien la aplicación de tecnologías a los proceso de: información, comunicaciones, control y electrónica, los llamados ITS crean caminos, vehículos y usuarios "más inteligentes" y autónomos (El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2015) mejoras en la operación y seguridad de los sistemas de transporte al proveer rutas más eficientes y mecanismos de advertencia de colisiones. Los ITS, son elementos de infraestructura vial que

poseen la capacidad de mejorar la operación del tránsito vehicular, la seguridad vial, el NS de los sistemas de transporte (de pasajeros y de mercancías) y otros servicios útiles para la funcionalidad eficaz de la movilidad urbana. En general los ITS, sirven para mejorar las condiciones del tráfico desde una perspectiva global.

En aquellos sitios o tramos carreteros que están en estudio y se observan condiciones geométricas o climáticas críticas y caracterizados por la ocurrencia de accidentes o en zonas con elevado volumen vehicular, la utilización de los sistemas ITS aplicados a la seguridad vial han demostrado su eficiencia. También se han recomendado este tipo de sistemas para informar con anticipación al usuario sobre las condiciones de la vía y tomar decisiones al conducir.

### **Aplicaciones de los sistemas ITS al transporte urbano.**

La aplicación de los sistemas ITS utilizados en los diferentes sistemas de transporte como: el aéreo, marítimo, ferroviario y carretero, siendo este último el de mayor relevancia, debido al crecimiento acelerado en las últimas décadas por la demanda de transporte privado, por lo que la aplicación al transporte carretero puede adaptarse a otros sistemas de transporte como son: la gestión del tráfico, información de viajes, control y gestión de vialidades, seguridad y prevención de accidentes y control de vehículos por mencionar solo algunas.

Los ITS en general, tienen como objetivo principal la obtención de los datos, de acuerdo al comportamiento de cada vehículo y sistemas de transporte en general, para ser comparado con datos de otros vehículos, o tratarlos de forma independiente, y tener la información detallada para la gestión del vehículo o de un sistema de transporte en conjunto con los sistemas telemáticos (Comisión de Transportes Colegios de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003).

La investigación requerida para la aplicación de sistemas ITS es:

1. Trabajo de campo. Para recopilar información técnica y operativa del estudio, por ejemplo: levantamientos georreferenciados de las rutas en estudio a fin de identificar problemáticas en la geometría de la carretera, análisis de velocidad, identificación de

curvas seguras, aforos vehiculares y localización puntual de sitios de alta accidentalidad.

2. Desarrollo del diagnóstico y de la propuesta de mejoramiento. Con el fin de identificar aquellas tecnologías ITS que pudiesen ser las más adecuadas para la atención de la problemática identificada, se determinan los factores más importantes que contribuyen en la problemática y se realiza una propuesta de solución integral.

La aplicación de las tecnologías de los sistemas ITS de manera general:

- I. **Comunicaciones vehículo con vehículo y vehículo con la infraestructura.** Tienen como objetivo mejorar la convivencia entre los coches y el entorno por el que transitan, es decir, vehículos más autónomos que puedan tomar decisiones bajo las condiciones de tránsito que lo rodean, además de otras variables relacionadas con la seguridad del conductor y la seguridad vial.
- II. **Captura y gestión de datos en tiempo real.** Los datos de tráfico de transporte público y transporte de mercancías están disponibles hoy en día en muchas fuentes, y se pueden utilizar para mejorar la movilidad en general.
- III. **Aplicaciones dinámicas para la movilidad.** El objetivo de este tipo de investigación es examinar las tecnologías que puedan ayudar a las personas y las mercancías a llegar a su destino de forma rápida, segura, eficiente y con menor afectación al medio ambiente. Esto se conseguiría mediante la transferencia de dichos bienes y personas entre un modo de transporte y otro (automóvil, Autobús, tren, barco, avión, etc.) o bien entre diversas rutas y líneas de transporte.
- IV. **Gestión del tiempo en carretera.** Con este tipo de aplicaciones se tendrá en cuenta el tiempo atmosférico actual y (las predicciones del tiempo) futuro, y gracias a los datos recabados por el propio vehículo en esas condiciones actuales de tiempo atmosférico será posible tomar decisiones sobre la ruta, y las condiciones de conducción.

- V. **Síntesis de información en tiempo real.** Aplicaciones para el medio ambiente por medio de información de emisiones contaminantes en tiempo real de cada vehículo. De forma que los gestores de transporte puedan gestionar la red de transporte atendiendo al impacto ambiental (El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2015).

## **2.5. Sistema de transporte BRT (Autobús de Tránsito Rápido).**

### **Sistema de transporte BRT en América Latina.**

América Latina es uno de los líderes en la implementación de sistemas de transporte público masivo de autobuses tipo BRT. Es un modo de transporte que generalmente se caracteriza por el desarrollo de infraestructura que da prioridad al transporte público en relación con el transporte en otros tipos de vehículos. Más de 45 ciudades de América Latina han realizado inversiones en sistemas BRT, lo que representa el 63.6 % del número de pasajeros en sistemas BRT a nivel mundial. Los sistemas BRT han demostrado ser uno del mecanismo con un costo-beneficio favorable, para que las ciudades que desarrollen rápidamente un sistema de transporte público tipo BRT.

### **¿Qué es un BRT?**

Es un sistema de autobuses de alta calidad en el servicio al usuario, proporciona movilidad urbana rápida, cómoda y con un bajo costo de inversión en su implementación favorable a través de la provisión de infraestructura separada de uso exclusivo, operaciones rápidas y frecuentes, y excelencia en mercado del transporte público.

El sistema de transporte BRT basado en el sistema de tren subterráneo (SubWay) nace a principios de la década de 1960, con una implementación del sistema más económica en su construcción y mejorar la movilidad que causa el congestionamiento vial. Se caracteriza por tener carriles exclusivos, tanto centrales como laterales de acuerdo a la configuración que se requiera, con sistemas de semáforos inteligentes y señalización especial para este.

El BRT es un sistema de transporte de rápido abordaje, ya que el usuario entra a la estación, comprando su boleto o tarjeta prepago tipo sistema Metro para el rápido abordaje, el

acceso a la unidad de transporte generalmente lo hace a nivel de piso de la plataforma del vehículo.

Los autobuses son articulados, biarticulados o de piso bajo (de dos a tres carrocerías articuladas) de acuerdo a la demanda de usuarios del corredor, unidos a un sistema de articulación para girar a la derecha o izquierda, el piso puede ser bajo o a nivel de plataforma alto, pero sin escalones, para que el usuario pueda abordar y bajar rápidamente, incluyendo personas en silla de rueda y de la tercera edad es decir con rampas, aunque se han implementado en algunas regiones con escalones, en puerta derecha y combinando corredores exclusivos o mixtos (también el BRT puede ser Trolebús o con rieles se convierte en Tranvía).

El concepto de BRT se implementó por primera vez en 1970 en América Latina, llamado “Vía Expresa del Paseo de la República” en la Cd. de Lima Perú, el sistema desapareció en 1992.

Ya en la década de 1970 Brasil planifica sus ciudades de mayor crecimiento, construyendo a lo largo de los corredores de Transporte, llamándole BRT de puerta derecha. La ciudad de Curitiba es precursor de este sistema con estaciones tipo “*tubo*” (transparentes y cilíndricas), su sistema incluye la conexión con varios sistemas de transporte, opera a la par de otros sistemas de autobuses convencionales. Con líneas locales que llevan a los usuarios hasta otras líneas denominadas alimentadoras o colectoras y estas a su vez lo llevan a las avenidas principales que son operadas por el sistema BRT. De aquí en adelante se denomina a esta modernización de transporte Sistema Integral de Transporte (**SIT**).

En 1998 se inició el proyecto Transmilenio en Bogotá Colombia, este sistema incluía la puerta izquierda, para aprovechar las estaciones en ambos sentidos, se inauguró en Diciembre del 2000, en la actualidad también se usa puerta derecha.

### **Sistema de transporte BRT en México.**

México en la actualidad cuenta en diferentes estados con sistemas BRT en operación: El Metrobús de la Cd. de México, Macrobus de la Cd. de Guadalajara en Jalisco, el Optibús de la Cd. León en Guanajuato y Ecovía de la Cd. de Monterrey en Nuevo León, como los más

importantes quedando por encima de los sistemas similares del Estado de México (Mexibús), del Estado de Puebla (RUTA), del Estado de Chihuahua (Vivebús), del Estado Pachuca (Tuzobús), el BRT del Estado de Chiapas (en fase de planeación), del Estado de Tabasco (Transbús) y el de Acapulco Guerrero (Acabús).

Actualmente se encuentran en construcción otros sistemas BRT localizados en Quintana Roo, Coahuila, Baja California, Querétaro, y por último, hay que tener en cuenta al estado de Morelos donde el Gobierno se ha comprometido a implementar sistema de transporte público BRT. A continuación se describen los más importantes (Godinez, 2015).

### **1) Optibús en León Guanajuato.**

El 27 de Septiembre del 2003 se inauguró en la Ciudad de León, Guanajuato, México el primer Sistema BRT de la República Mexicana, con una longitud de 26 kilómetros. Los Autobuses fueron llamados “Orugas” por ser de color verde y de tipo articulado. Este sistema Moviliza 150,000 pasajeros diarios en 84 autobuses articulados de la marca Volvo. Actualmente moviliza a más de 236 mil 619 pasajeros mil personas al día, en el año del 2011 por ser pionero de ser un sistema de transporte sustentable se le otorgó el premio Sustainable Transport Award 2011. Actualmente cuenta con 5 rutas alimentadoras.

### **2) Metrobús en la Cd. de México.**

El Metrobús se inauguró el 19 de junio de 2005 en la Av. Insurgentes de Dr. Gálvez - Indios Verdes, en la Cd. de México, el segundo sistema BRT de México con 30 kilómetros de longitud, cuenta con un parque vehicular de 568 autobuses articulados, biarticulados y de piso bajo, el Metrobús de la Ciudad de México. Se movilizan 1.497 mil pasajeros al día. Se tiene conocimiento que el 17% de los usuarios dejan su auto en casa. Este sistema de Metrobús contrarresta 100,000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. Ha recibido 4 premios internacionales por su eficiencia, rentabilidad y respeto por el medio ambiente. Actualmente el Metrobús cuenta con 6 líneas en operación y está por considerarse la séptima línea aún en proceso de planeación (Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros del D.F., Metrobús, 2015).

### **3) Macrobús en Guadalajara.**

La Ciudad Guadalajara inauguró su primer línea de sistema BRT el 11 de marzo del 2009 por la Calzada Independencia - Av. Gobernador Curiel, el primero en implementar carriles de rebase, así como dos servicios exprés. Con 16 kilómetros de longitud de corredor, opera con un carril exclusivo, cuenta con 27 estaciones, 2 patios de servicio y almacenaje de autobuses.

El Macrobús de Guadalajara transporta 127 mil pasajeros con 45 autobuses con capacidad de hasta 160 pasajeros, funciona como sistema troncal alimentador. Cuenta con 15 rutas alimentadoras que amplían la cobertura del servicio en 103 km. Se tienen consideradas dos líneas más.

### **4) Mexibús, en el Estado de México.**

El Mexibús Cd. Azteca – Tecámac se inauguró el 2 de octubre del 2010 con una longitud de 16.5 kilómetros en su primera línea. En el Estado de México transporta 130 mil pasajeros diarios en 63 autobuses Volvo 7300. La reducción de tiempo de traslado es de hasta 1 hora en su servicio “Express”. Sustituyó a 2,500 microbuses y en términos de captación de usuarios es de cerca del 15% en tan solo algunos meses. Actualmente cuenta con 4 líneas en operación y una longitud actual de 63.8 kilómetros de longitud.

### **5) Vivebús, de Cd. Juárez en el Estado de Chihuahua.**

El Vivebús de Ciudad Juárez se inauguró el 30 de noviembre del año 2013, su primera línea hasta el momento, tiene una longitud de 25 kilómetros. En 45 días de operación, el Vivebús de Juárez ha transportado con eficiencia y seguridad a más de 1 millón 700 mil personas de todas las edades. Con 50 autobuses Mercedes Benz modelo 2009, el Vivebús mueve diariamente a 38 mil pasajeros en 34 estaciones, que forman la primera ruta troncal, desde la presidencia municipal hasta tierra nueva (Vivir en Juarez, 2015).

## **6) Sistema BRT de la Cd. de Tijuana en el estado de Baja California.**

El sistema BRT de la Ciudad de Tijuana en proceso de construcción hasta el momento de Puerta México - El Florido, que se integrará un nuevo Sistema Integral de Transporte (SIT) en construcción. En total, habrán 45 estaciones en los 35kilómetros de longitud de la ruta 1, la infraestructura de las estaciones serán elevadas en relación a la calle, por lo que no podrán realizar ascensos y descensos hasta llegar a las estaciones establecidas. Además que contará con dos rutas alimentadoras, la primera de autobuses articulados (BRT) y la segunda de autobuses convencionales implementadas en una nueva línea.

## **7) Turicún, en la Cd. de Cancún en el estado de Quintana Roo.**

La Ciudad de Cancún en el Estado de Quintana Roo (Sin información de su inauguración), es la primera en ofrecer un servicio con 40 autobuses Volvo Access de piso bajo, abordaje a nivel. Cuenta con más de 300 unidades, 36 rutas urbanas y 9 rutas hoteleras (TURICUN, 2015).

La experiencia en términos de movilidad en las ciudades a través de los sistemas BRT que se tiene en México, nos presenta una oportunidad de operar este tipo de sistema de transporte público de pasajeros optimizando los costos de inversión y maximizando los beneficios que se generen en el ordenamiento del territorio, contribuyendo a una mejor calidad en el servicio de acuerdo al modelo de expansión de los sistemas BRT (Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP), 2015).

## CAPITULO 3

# CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MOVILIDAD.

---

En este capítulo se presenta la caracterización de la zona de estudio, el cual se ubica dentro de la delegación Iztapalapa, es la delegación más poblada de la Ciudad de México. Esta delegación localizada al oriente de la ciudad de México ha presentado un proceso acelerado de urbanización, con una ocupación del suelo que tiende hacia la periferia de la Ciudad y al uso de suelo principalmente habitacional.

La caracterización de la zona de estudio se realiza mediante los datos de la población y su relación con la demanda de transporte, la estructura urbana, el desarrollo urbano, los usos de suelo, con características de la vivienda y la relación con el transporte, relación movilidad e infraestructura existente en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.

### **3.1. Población de Iztapalapa y de la zona de estudio.**

La población de la delegación Iztapalapa, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y la encuesta Intercensal 2015, su población total ascendía a 1, 815,786 habitantes y la actualizada para el año 2015 era de 1, 827,868 habitantes (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2015), lo que representa el 20.5% de la población del Distrito Federal. Esta población está distribuida en una superficie aproximada de 11,667 hectáreas, lo que resulta en una densidad promedio de 102 [hab/ha] en el año 2010, cifra que casi duplica la densidad de la Cd. de México, calculada en aproximadamente 60 [hab/ha].

La población de hombres corresponde a 885,049 que representa el 49% de la población y mientras que para las mujeres es de 935,839. La distribución por grupos de edad señalada que el rango de usuarios entre 25 y 59 años representa el 47% de la población total es el grupo que realiza mayor número de viajes; le siguen en orden descendente el grupo de 18 a 24 años con 13%, el de 5 a 11 años con 12%, el de 12 a 17 años con 10% y por último los grupos de 0 a 4 años y de 60 años y más con el 9% cada uno.

La población de Iztapalapa representa aproximadamente el 20% de los habitantes de la Cd. de México a partir del año 2000.

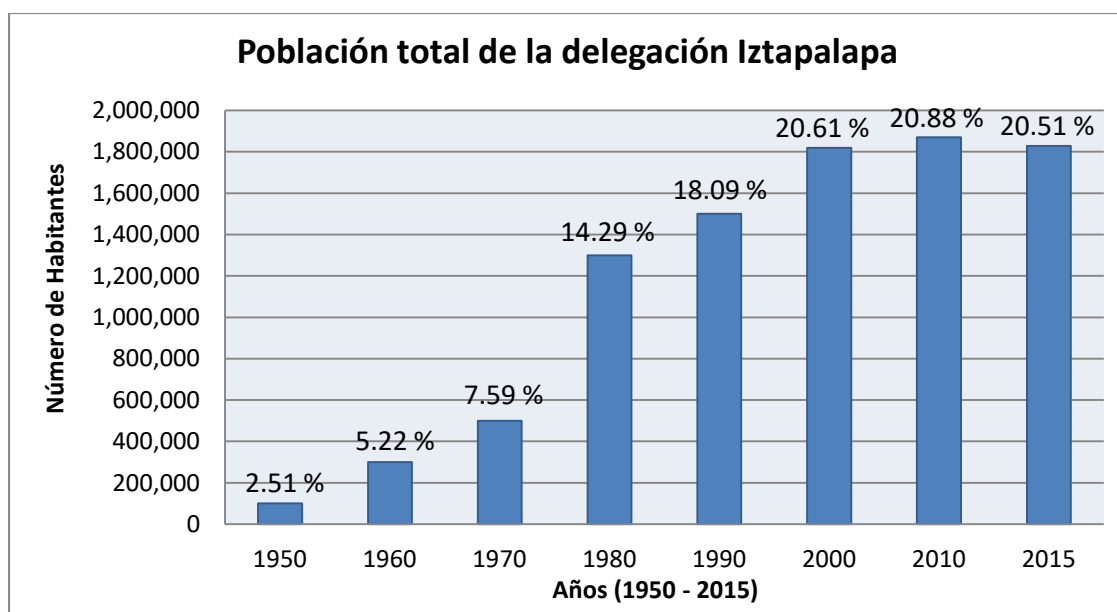
**Tabla 3.1** Población de Iztapalapa y su porcentaje con respecto a la población de la Cd. de México.

| Año  | Cd. de México | Iztapalapa | Porcentaje (%) |
|------|---------------|------------|----------------|
| 1950 | 3,050,442     | 76,621     | 2.51           |
| 1960 | 4,870,876     | 254,355    | 5.22           |
| 1970 | 6,874,165     | 522,095    | 7.59           |
| 1980 | 8,831,079     | 1,262,354  | 14.29          |
| 1990 | 8,235,744     | 1,490,499  | 18.09          |
| 2000 | 8,605,239     | 1,773,343  | 20.61          |
| 2005 | 8,720,916     | 1,820,888  | 20.88          |
| 2010 | 8,851,080     | 1,815,786  | 20.51          |
| 2015 | 8,918,653     | 1,827,868  | 20.49          |

**Fuente:** Elaborada con base en datos del INEGI 2010 y la encuesta Intercensal 2015.

En la gráfica 3.1, se observa la tendencia de crecimiento que se ha presentado en la delegación Iztapalapa, desde el año de 1950 al año 2015.

**Gráfica 3.1** Población de Iztapalapa por década, desde el año 1950 hasta el año 2015.

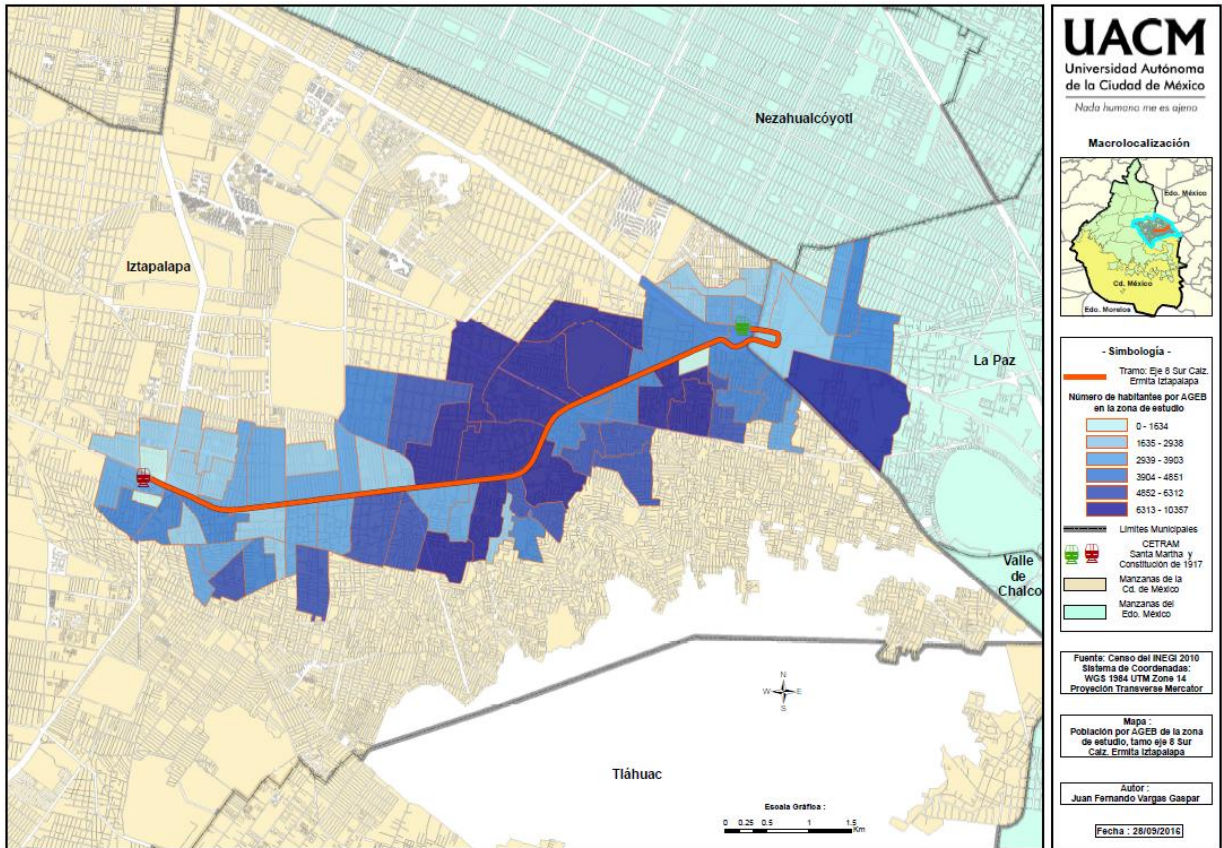


**Fuente:** Elaborada con base en datos del INEGI 2010 y la encuesta Intercensal 2015.

El mayor incremento de población de la delegación Iztapalapa, se presentó entre las décadas 1970 y 1980, con una tasa de crecimiento del 8.21%. Durante este periodo la densidad poblacional bruta casi se duplicó, pasando de 92 [hab/ha] en 1970 a 141 [hab/ha] en el año 1980, siendo en ese año por primera vez más alta que la densidad bruta promedio de la Cd. de México. Después del terremoto ocurrido en la Cd. de México en 1985 se construyeron nuevas unidades habitacionales para albergar nuevos habitantes, la ocupación de la superficie urbana de la delegación fue acelerada y al paso de los años se volvió insuficiente, al punto de poner en riesgo las áreas de conservación en el Cerro de la Estrella y Sierra de Santa Catarina.

A nivel delegacional, aproximadamente el 35% de sus habitantes tienen un grado de marginación muy alto, el grado de marginación alto y medio tienen un porcentaje del 24% y 25%, respectivamente y finalmente el 8% restante un grado de marginación muy bajo. Al agrupar los grados de marginación muy alto, alto, medio y bajo resulta que aproximadamente el 84% de los habitantes de Iztapalapa vive en malas condiciones pues no tiene una buena calidad de vida, y registra la carencia y falta de servicios básicos en las viviendas.

Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO) Iztapalapa se localiza en el lugar 14 de las 16 delegaciones en el ámbito del bienestar social, por lo que se puede concluir que la mayor parte de la población no satisface sus necesidades, afectando su calidad de vida.



**Mapa 3.1** Población por AGEB en la zona de estudio.

**Fuente:** Elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), con base en datos del INEGI 2010.

La población por AGEB, adyacentes a la zona de estudio de acuerdo al último Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, se tiene una población por rangos de entre 0 - 1,634 habitantes y hasta 6,313 – 10,357 habitantes a lo largo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, de acuerdo al método por análisis de proximidad correspondiente a una cercanía de 500 metros en base al número de habitantes que realiza viajes como: usuarios de transporte público, concesionado, y privado, son los usuarios potenciales que realizan viajes dentro y fuera de la delegación, a lo largo del día hacia los CETRAM a estudio para realizar y satisfacer una necesidades. Ver Mapa 3.1.

La población por AGEB para la zona de estudio es de aproximadamente: **209, 360 habitantes**, dato importante para estimar la demanda del corredor como se verá más adelante y sustentar la propuesta de un sistema BRT.

### **Grupos de edad para verificar que usuarios utilizarían el sistema BRT en el tramo de estudio.**

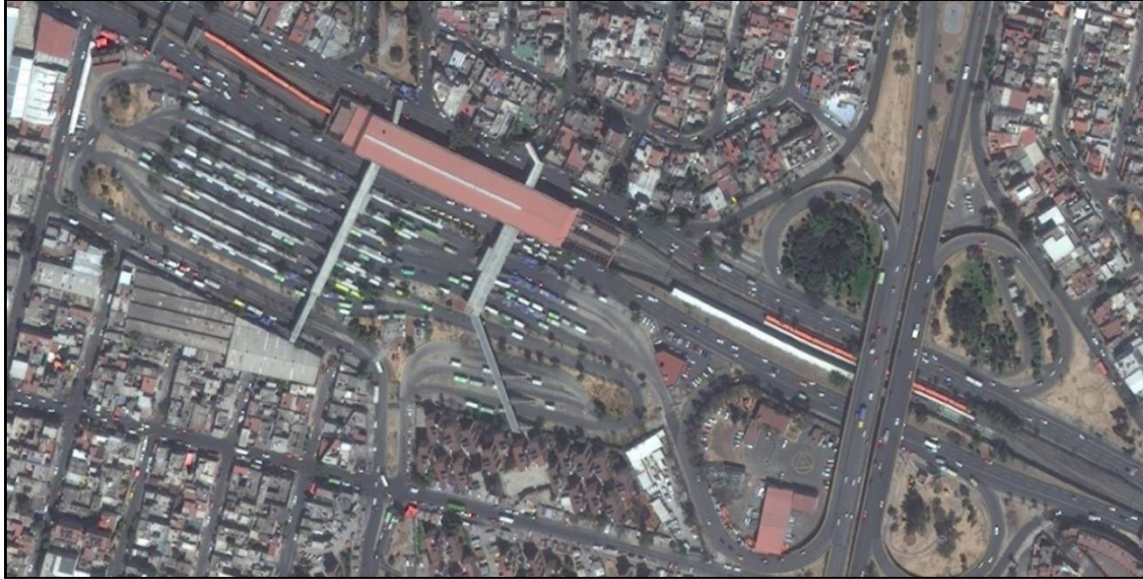
Según la distribución poblacional, el grupo de edad con mayor presencia en el área de estudio está conformado por personas de 15 a 64 años, es decir en edad productiva lo que representa el 56% de la población total, seguido del grupo de 0 a 14 años con el 38%, y el grupo de 65 y más años con el 6%. Lo que garantiza la demanda para los viajes esperados al entrar en operación el sistema BRT si se implementa.

### **3.2. Estructura urbana.**

El crecimiento urbano durante las últimas décadas y a su vez el aumento de la población sin una planeación adecuada y el crecimiento desproporcionado, dan lugar a la expansión desordenada de la mancha urbana en la delegación Iztapalapa, que actualmente se refleja en una estructura urbana irregular (plato roto). En este tipo de estructura podemos encontrar barreras urbanas que limitan la accesibilidad en la delegación, como predios de grandes dimensiones destinados a equipamiento, bodegas, industrias y unidades habitacionales bardeadas que limitan la visibilidad, o bien, barreras naturales que limitan la conectividad y generan puntos con tendencia a volverse focos rojos de inseguridad en la zona de estudio.

De acuerdo a la información del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU) Iztapalapa del año 2008, se puede analizar a partir de sus zonas concentradoras de actividades, como aquellas donde se ubican las instituciones de gobierno y servicios públicos, zonas patrimoniales, de comercios, servicios, zonas de equipamiento educativo y de salud.

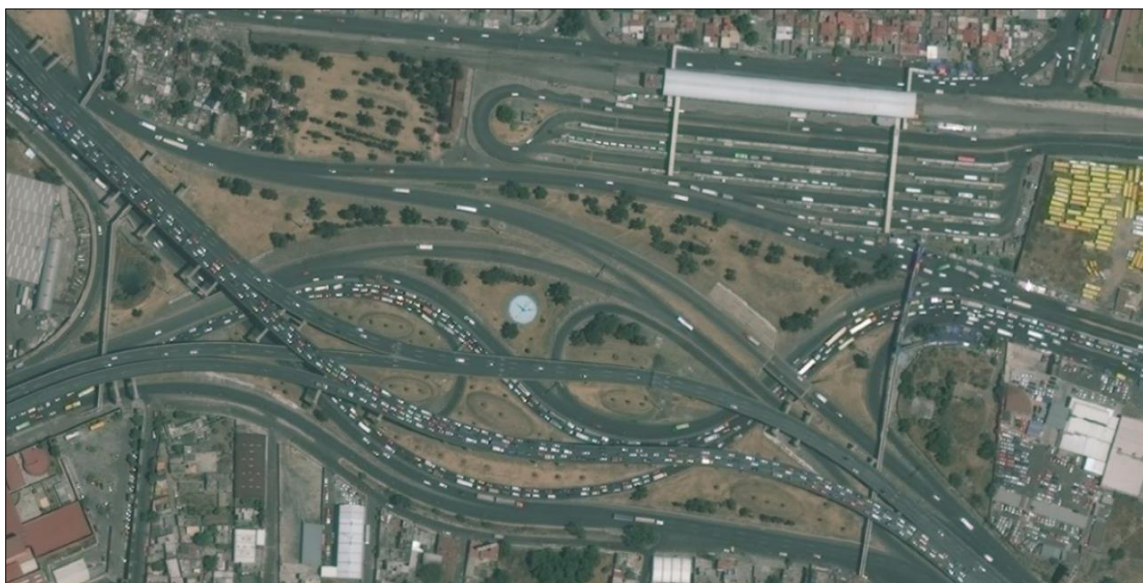
Por otra parte, entre los ejes viales que la estructuran, el eje 6 sur (Av. de las torres), el eje 8 sur que conforma en el oriente la Calzada Ermita Iztapalapa sobre la que se localiza el CETRAM Constitución de 1917, por ser la vialidad que cruza la delegación por la parte central de oriente a poniente, y además donde se encuentra otro CETRAM de gran importancia el cual es el de Santa Martha que conecta en la periferia de la delegación con otras vialidades como son la carretera México – Puebla, Calzada Ignacio Zaragoza y la carretera México - Texcoco. Ver Imagen 3.1.



**Imagen 3.1** Ubicación del CETRAM Constitución de 1917, vista de planta.

**Fuente:** Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Constitución de 1917. [Imagen 3.1]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Las vialidades de la delegación y periferia representan una importante afluencia de vehículos de transporte privado, público y de carga, recordemos que la zona es una de las principales vialidades de entrada y salida para la población que a diario se moviliza dentro y fuera de la misma, conectando la Cd. de México y el Estado de México. Ver Imagen 3.2.



**Imagen 3.2** Ubicación del CETRAM Santa Marta, vista de planta.

**Fuente:** Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 3.2]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

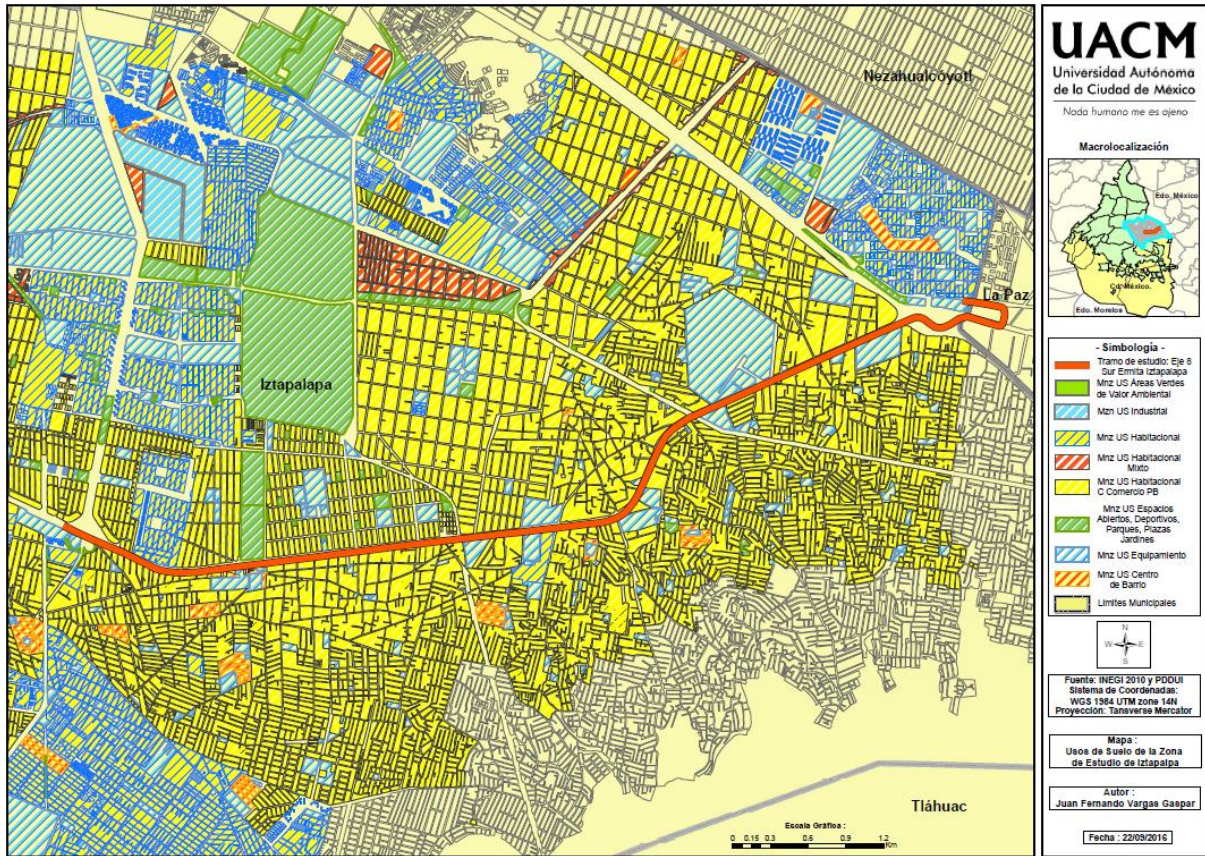
### **3.3. Desarrollo urbano y usos de suelo.**

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de Iztapalapa (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), 2015), el uso de suelo que predomina en el área de estudio desde la terminal de Constitución de 1917 a la terminal Santa Martha es habitacional con tres y cuatro niveles permitidos, y área libre requerida del 40% y 50%. De acuerdo a los datos del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (IPTD) del año 2014, existe un uso inadecuado de unidades habitacionales, con el potencial de construcción subutilizado para otros usos (comercio e industria).

De acuerdo a los estudios de campo en la zona de estudio a lo largo del corredor se localizan fácilmente usos de suelo Mixto, habitacional con comercio y habitacional Industrial, que en años anteriores tenía suelo de uso habitacional de acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU) del año 2008. Las 11,667 hectáreas que ocupa la delegación Iztapalapa son casi en su totalidad de suelo urbano; éste cubre aproximadamente el 93% de la superficie, mientras que el suelo de conservación formado por el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina representa sólo el 7%.

Según las fuentes de información oficial de planes y programas de desarrollo urbano del año 2008 y estudio de áreas verdes del año 2009, estos porcentajes se han mantenido prácticamente con los mismos valores desde el año 1995, pero sería adecuado recalcularse dichos valores sobre todo por la invasión al suelo de conservación producida por vacíos en la política de vivienda. Para el caso de la zona de estudio las áreas verdes son mínimas como se muestra en el mapa 3.2.

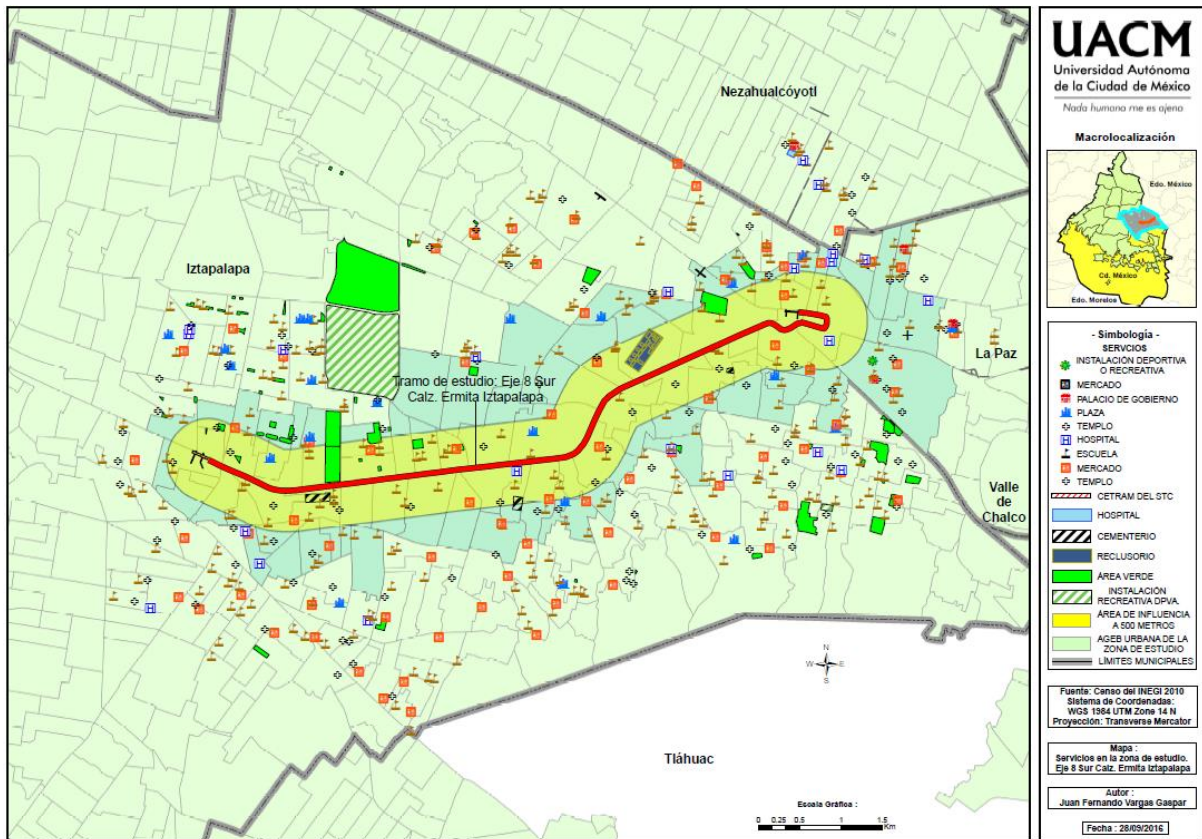
La mitad de la superficie de la delegación es prácticamente de uso habitacional, seguida de equipamiento educativo y de salud que cubre aproximadamente el 19%; los usos mixtos sólo representan el 13% del suelo urbano y, por último, la industria, dividida en mediana y pesada, cubre el 3% del suelo urbano.



**Mapa 3.2** Usos de suelo de la zona de estudio y parte de la delegación Iztapalapa.

**Fuente:** Elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), con base en datos del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU) de Iztapalapa del año 2008, y áreas verdes del año 2009.

El equipamiento de salud que se localiza en la delegación es un hospital pediátrico, un hospital general del Gobierno del Distrito Federal, dos hospitales y una clínica del ISSSTE, dos hospitales y cuatro clínicas del IMSS así como 21 centros de salud de la Secretaría de Salud de acuerdo al (PDDU, 2008). Sin embargo este equipamiento sólo atiende aproximadamente a 9% de la población, por lo que las clínicas privadas tienen cada vez más presencia en la delegación. Respecto al abasto de mayoreo, la Central de Abasto (es uno de los principales puntos atractores de transporte de carga) que tiene influencia metropolitana y tiene una superficie de 337 hectáreas es un importante punto de atracción y generación de viajes de carácter regional, ya que gran parte de los vehículos de carga proviene de la carretera México – Puebla, Santa Catarina por eje 6 sur (Av. de las Torres) y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). Lo que convierte esta zona en un corredor con una alta demanda de movilidad de paso y transición principalmente.



**Mapa 3.3** Servicios en la zona de estudio en un área de influencia de 500 metros.

**Fuente:** Elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), con base en datos del INEGI 2010.

En cuanto a áreas verdes, la delegación es prácticamente suelo urbano, y debido al crecimiento acelerado y sin planeación que experimentó a partir de la década de 1960 no hubo una distribución equilibrada de usos de suelo. Por lo anterior, no se consideraron suficientes reservas de territorio para destinarlas a áreas verdes o equipamiento deportivo, junto con la progresiva invasión de las zonas de protección ecológica por asentamientos irregulares que daña la calidad de vida de sus habitantes, además de zonas verdes suficientes para contrarrestar la contaminación ambiental de la delegación y así poder equilibrar los microclimas, entre otros efectos negativos.

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) el área verde urbana por persona en promedio es de 5.3 m<sup>2</sup>, cifra que se encuentra por debajo de los estándares internacionales que establecen por lo menos 9m<sup>2</sup> por habitante; incluso la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una extensión de entre 10 m<sup>2</sup> y 15 m<sup>2</sup>. La delegación Iztapalapa se encuentra en el último lugar de las 16 delegaciones pues a pesar de ocupar el

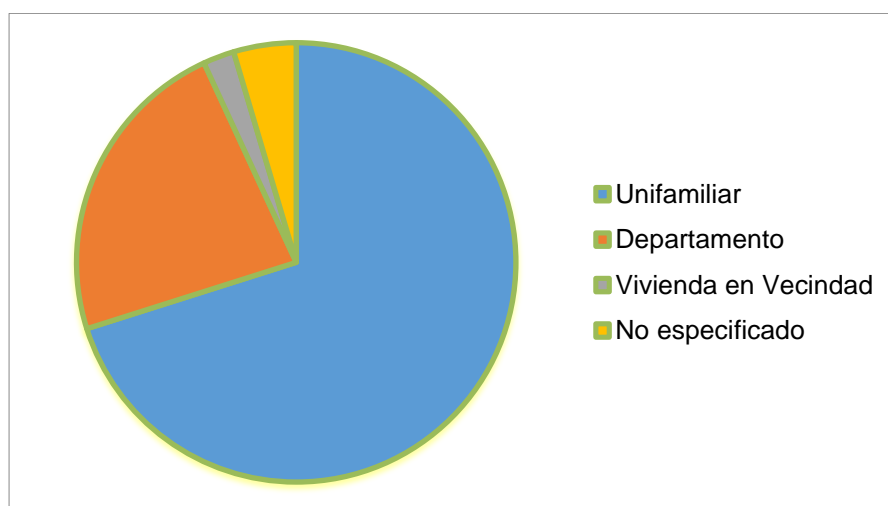
tercer lugar en extensión de áreas verdes, al calcular el promedio por el número de habitantes, resulta ser que cuenta con la menor cantidad al disponer sólo de 2.8 m<sup>2</sup>.

### 3.4. Vivienda.

Por el crecimiento irregular que se ha presentado en la delegación, la mayoría de las viviendas en la delegación Iztapalapa son de autoconstrucción, aunque también hay un porcentaje que se encuentra en proceso de consolidación y algunas otras se realizaron mediante construcción formal. Es por esta razón que se puede apreciar variedad de materiales y de terminados en los inmuebles, aunque en su mayoría casi el 98% están construidas con tabique, ladrillo, block, piedra, cemento o concreto, mientras que el 16% tiene techos de materiales precarios y ligeros, que pueden ser de lámina, madera, cartón y asbesto.

En total, Iztapalapa cuenta con 403,922 viviendas particulares, con un promedio de ocupación al año 2005 de 3.8 habitantes. A la par del crecimiento poblacional las viviendas también han aumentado, sobre todo en la modalidad de unidades habitacionales: la delegación cuenta con 716 unidades de este tipo, de las cuales 224 son de interés social y se forman de 91,698 viviendas de entre 40 y 60 m<sup>2</sup> que albergan a 458,515 habitantes. Al año 2000, la cobertura de agua entubada y drenaje del total de las viviendas era del 96% y de energía eléctrica era del 98%.

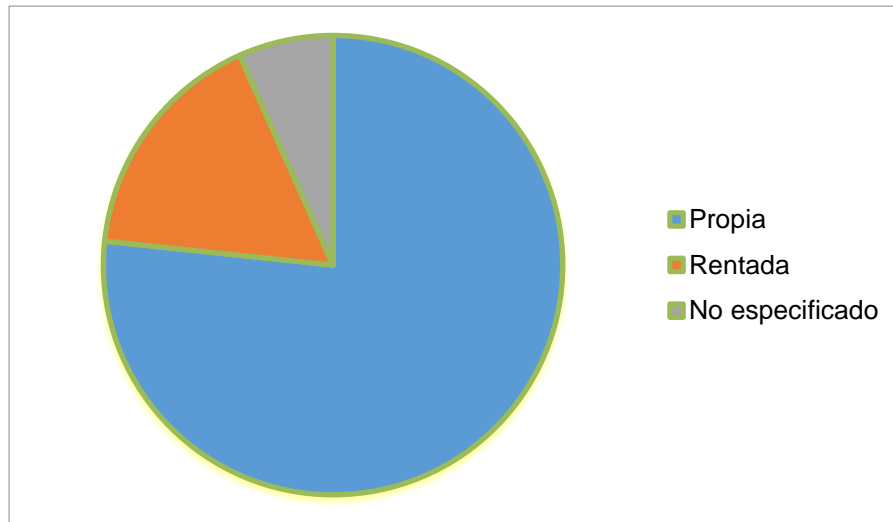
**Gráfica 3.2** Tipo de vivienda en Iztapalapa, para la zona de estudio.



**Fuente:** Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU), 2008. Tipo de Vivienda en Iztapalapa. [Gráfica 3.2]. Obtenido de: <http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/index.php/programas-de-desarrollo/programas-delegacionales>.

Al año 2014 los asentamientos irregulares en la delegación no están medidos de manera oficial, pero se sabe que con el paso del tiempo han cubierto cada vez más suelo de conservación ambiental. Al año 2011 había 12.64 hectáreas de invasión en suelo de conservación en un total de 16 asentamientos con viviendas consideradas de consolidación media.

**Gráfica 3.3** Tenencia de vivienda en Iztapalapa, para la zona de estudio.



**Fuente:** Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU), 2008. Tendencia de vivienda en Iztapalapa. [Gráfica 3.3]. Obtenido de: <http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/index.php/programas-de-desarrollo/programas-delegacionales>.

El transporte público y las viviendas son un factor importante dado que la zona de estudio el uso de suelo que predomina es habitacional (aunque es utilizado para otros usos como el habitacional - industrial, habitacional- comercial) lo que se traduce en un mayor número de viajes, por lo que es necesario sistemas de transporte público eficiente para la movilidad de las personas aun las que más lejos se encuentran de las vialidades principales y cumplan con las necesidades de los habitantes. La importancia del transporte dado que la actividad económica que prevalece en la zona de estudio es de las manufacturas y el comercio al mayoreo (formal e informal) que predomina en las viviendas, por lo que se requiere realizar viajes dentro y fuera de la delegación.

En base al Censo de Población y Vivienda INEGI del año 2010, aproximadamente 51 mil viviendas se localizan en asentamientos irregulares, por lo que el transporte público que transita es ilegal, es decir, son vehículos de baja capacidad como: taxis, moto-taxis y bici-taxis

que brindan el servicio a los habitantes para llegar a sus viviendas en las zonas irregulares y de alto riesgo, donde la necesidad de las personas para moverse a satisfacer una necesidad propicia el transporte ilegal para responder la problemática de movilidad.

La zona de estudio se ha convertido en el refugio del transporte ilegal (coloquialmente conocido como transporte pirata) en sus vías secundarias y locales con la finalidad de conectar sus viviendas con las vías principales por la falta de transporte público que cubra esa demanda de viajes desde sus viviendas.

### **3.5 Movilidad en Iztapalapa y la zona de estudio.**

La delegación Iztapalapa es parte de la Cd. de México como el municipio de la Zona Metropolitana del Valle de México (**ZMVM**) con más población. A raíz del aumento poblacional se da también un aumento en la demanda de servicios públicos e infraestructura, por lo que contar con un sistema de transporte público eficiente es vital para mejorar la movilidad. El aumento en la concentración poblacional al oriente de la ciudad, además de la delegación Iztapalapa en sus municipios colindantes, ha modificado los patrones de viaje y aumentado los flujos vehiculares diarios.

Contar con una infraestructura de transporte público eficiente resulta fundamental para el desarrollo de las actividades económicas la delegación, pues a pesar de concentrar equipamiento de carácter metropolitano e incluso regional, además de importantes zonas de comercio y servicios (que la coloca como un importante polo de atracción de viajes), aproximadamente el 50% de la Población Económicamente Activa (PEA) de la delegación labora fuera de esta, realizando viajes pendulares durante el día, para satisfacer una necesidad en días laborales es decir, viajes de ida y regreso desde las zonas habitacional es hacia las zonas concentradoras de trabajo, educación, compras y servicios.

La zona de estudio se ha vuelto de paso para los habitantes de los municipios colindantes Netzahualcóyotl, Valle de Chalco Solidaridad, Los Reyes La Paz e Ixtapaluca, que en su mayoría se dirigen a las zonas centro y poniente de la ciudad diariamente, utilizando el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa como la infraestructura vial de mayor importancia para el uso de distintos modos de transporte. Esto ocasiona que en ciertos horarios que uno de los sentidos

de la vialidad se satura, generando problemas de congestión y afectaciones que a diario se vive.

De acuerdo a los datos de la Encuesta Origen - Destino del año 2007 la delegación Cuauhtémoc es la que más viajes atrae (casi 16 millones al día, entre otros factores por tener dos de los principales corredores de actividad económica, Av. Insurgentes y Av. Paseo de la Reforma) y junto con la delegación Miguel Hidalgo y Benito Juárez forman un polígono de atracción de cerca del 40% del total de viajes en la ZMVM. En cambio, Iztapalapa es la que más de viajes genera (con 1.07 millones al día, lo que representa 14.2 por ciento de viajes en transporte público), junto con Gustavo A. Madero, por la población con la que cuentan son las que más viajes realizan en transporte público.

La operación (frecuencias y horarios) de la red de transporte de la ciudad debe ser eficiente para agilizar estos recorridos entre las distintas zonas de la ciudad. Sin embargo, en Iztapalapa la saturación de la red de transporte estructurado, así como sus rutas colectoras, es una constante que dificulta y resta atractivo al uso del transporte público. La mayor parte de los viajes que se repiten en transporte público requieren de dos o más tramos de viaje para completar el recorrido entre origen y destino, en los que también se incluyen los recorridos a pie y en bicicleta.

Ante la saturación de las zonas planas en Iztapalapa, las zonas altas y las de difícil acceso se han poblado notoriamente en los últimos años, lo cual encarece y complica la dotación de infraestructura y el abastecimiento de servicios básicos, entre ellos el transporte que debido a la traza irregular no puede ser estructurado. Las rutas de transporte concesionado en estas zonas funcionan como colectores y están compuestas por unidades de baja y mediana capacidad (microbuses, combis, moto-taxis y autobuses convencionales), y dirigen a las personas de las zonas habitacionales a las estaciones de transporte masivo como lo son: las estaciones y las terminales del Metro. Pero estas rutas que aún funcionan bajo el esquema hombre - camión inhibe la calidad de vida de los usuarios que utilizan el transporte concesionado.

De acuerdo a la encuesta Intercensal 2015, la movilidad de la delegación Iztapalapa con respecto a las otras delegaciones es la siguiente, las personas que se desplazan a pie a la escuela representan el 21% en la delegación Milpa Alta y 18% en Iztapalapa, en la delegación

Miguel Hidalgo es de 8% y en la delegación Benito Juárez es de 5%. En cambio, las personas que realizan sus viajes en automóvil a la escuela en Milpa Alta representan el 1% y en Iztapalapa el 3%, con un 10% en Benito Juárez y finalmente el 9% de la delegación Cuajimalpa.

Otro dato de la encuesta Intercensal 2015 son los tiempos de desplazamientos (otro de los factores que muestran la desigualdad en materia de transporte en general) mientras que en la delegación Benito Juárez y Miguel Hidalgo el 50% de la población que se traslada a sus trabajos lo hace en tiempos menores a 30 minutos, mientras que en la delegación Iztapalapa el porcentaje es alrededor del 34% y 30% en la delegación Tláhuac.

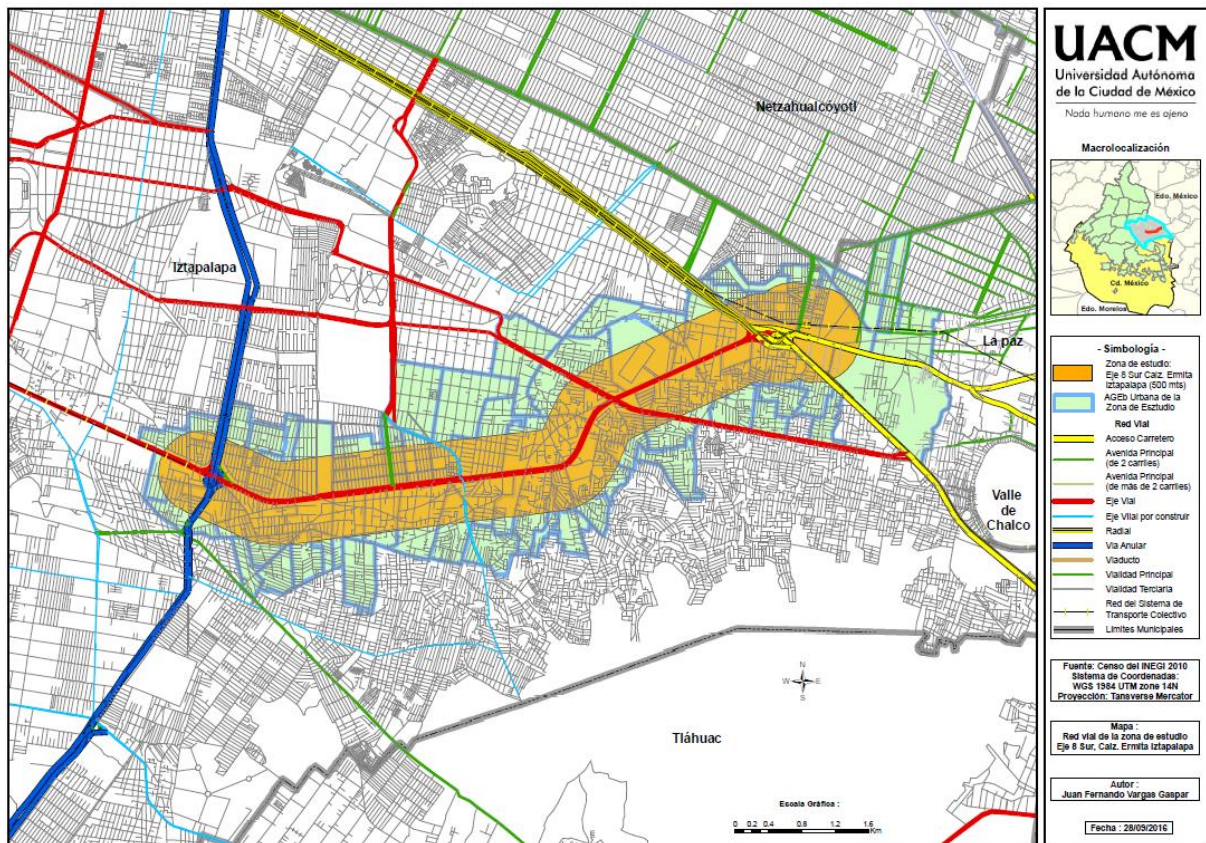
Finalmente, más del 45% de la población de Iztapalapa invierte dos horas o más en sus traslados al trabajo, en contra del 7% de la delg. Benito Juárez o del 10% de la delg. Miguel Hidalgo.

Se tiene que atender el problema de movilidad en la zona, al mejorar los sistemas de transporte público, una propuesta es implementar sistemas de transporte masivo BRT que es el objetivo de estudio de este trabajo de tesis, como parte de mitigar los problemas de movilidad y mostrar las bondades de este sistema sus beneficios son: cambio operacional y tecnológico al implementarse como una empresa de transporte público, reducción del consumo energético (ahorros en combustible y mantenimiento), menos emisiones contaminantes CO<sub>2</sub> y GEI, mejoras en el tiempo y desplazamiento de viaje en un 40%, mayor capacidad para transportar usuarios, entre otras.

### **3.6. Red vial de la zona de estudio.**

La estructura vial de la delegación se da a partir de las vialidades primarias. Por una parte, la Calzada Ermita Iztapalapa que es parte del eje 8 sur (que se encuentra de manera paralela a la línea 8 del Metro), la Calzada cruza la delegación de oriente al centro de la Cd. de México y es considerada una vialidad principal ya que por ella desembocan otras vialidades de menor jerarquía denominadas vías secundarias. Esta avenida es uno de los principales ejes de comunicación en la delegación, además de ser concentradora de actividades y servicios. Ver mapa 3.4.

Por lo que respecto a Periférico Oriente, la Calzada Ignacio Zaragoza (que se encuentra paralela a la línea A del Metro) avenida Tláhuac, avenida Guelatao y eje 6 Sur (Av. de las Torres), son las vialidades que conectan que conectan principalmente al oriente, poniente y zona centro de la Cd. de México estas se encuentran saturadas de manera constante debido a la cantidad de vehículos de transporte privados, transporte de carga y de pasajeros (Pertencientes en su mayoría al Estado de México), así como de vehículos de transporte foráneo y de transporte no motorizado como las bicicletas que se desplazan en ellas.



**Mapa 3.4** Red Vial de la zona de estudio (Parte de la red vial de la delg. Iztapalapa y Edo. México).

**Fuente:** Elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), con base en datos del INEGI 2010.

### 3.7. Transporte público de la zona de estudio.

Debido a la topografía de la delegación y a la creciente demanda de rutas alimentadoras hacia estaciones y terminales del Metro, estas unidades son inseguras para todos los usuarios, al no contar con paradas establecidas y provocan zonas de congestión vehicular sobre todo al realizar el intercambio modal, ascenso y descenso de usuarios y a la espera de usuarios al funcionar bajo el esquema hombre – camión implica que la calidad del viaje no sea tan comfortable y existan retrasos en el tiempo del mismo.



**Imagen 3.3** CETRAM Constitución de 1917, ascenso y descenso en cualquier lugar.

**Fuente:** Tomada en campo 2015.

El eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa se encuentra conectada a otras delegaciones y municipios de la ZMVM mediante tres líneas de transporte público y una ruta de transporte concesionado que conecta la zona de estudio como se muestra:

- 1) Red de Transporte de Pasajeros (RTP).
- 2) Grupo Metropolitano de Transporte (GMT).
- 3) Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro:
  - a) Línea 8: Garibaldi – Constitución de 1917.
  - b) Línea A: Pantitlán – La Paz.
- 4) Ruta 14 del Transporte Concesionado.



**Imagen 3.4** CETRAM Santa Martha, modos de transporte.

**Fuente:** Tomada en campo 2015.



**Imagen 3.5** Transporte público y particular, Av. Minas y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Tomada en campo 2015.

Otros sistemas de transporte público pertenecientes a la delegación Iztapalapa que conectan la delegación con otras delegaciones y municipios del Estado de México son:

1) Sistema de transporte colectivo Metro:

- Línea 12 Mixcoac – Tláhuac (fuera del área de estudio pero perteneciente a la delegación Iztapalapa y de vital importancia).

2) Sistema Metrobús:

- Línea 2 Tacubaya/Etiopía/Colonia del Valle – Tepalcates.

3) Servicio de transportes eléctricos del Distrito Federal.

Dentro de la delegación se localizan 21 estaciones del Metro y 10 líneas de Metrobús. Iztapalapa cuenta con 10 CETRAM que suman una afluencia diaria de aproximadamente 400,000 usuarios. Constitución de 1917 es el primero de mayor afluencia dentro de la delegación, y el segundo entre los 49 CETRAM de la Cd. de México. Ver tabla 3.2.

**Tabla 3.2** CETRAMS pertenecientes de la delegación Iztapalapa.

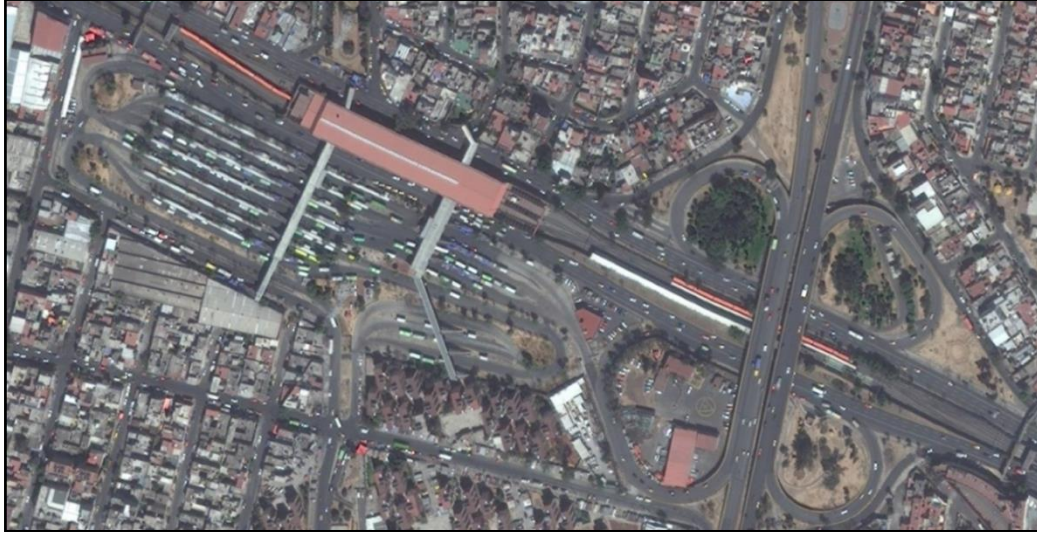
| CETRAM               | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Parque Vehicular | Afluencia diaria | Transporte masivo  |
|----------------------|------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Escuadrón 201        | 3,208.00                     | 87               | 400              | STC Metro Línea 8  |
| Iztapalapa           | 4,818.00                     | 96               | 10,000           | STC Metro Línea 8  |
| Constitución de 1917 | 38,973.00                    | 818              | 200,000          | STC Metro Línea 8  |
| Tepalcates           | 70,246.00                    | 269              | 45,000           | STC Metro Metrobús |
| Acatitla             | 16,774.00                    | -                | 14,426           | STC Metro Línea A  |
| Santa Martha         | 23,769.00                    | 1,274            | 80,000           | STC Metro Línea A  |
| Central de Abastos   | 16,058.00                    | 309              | 45,000           | -                  |
| Apatlaco             | 2,064.00                     | -                | 11,380           | STC Metro Línea 8  |
| Canal de Garay       | 13,702.00                    | 330              | 8,000            | -                  |

**Fuente:** Elaborado en base a datos Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (PDDU) del año 2008. Publicado el 12 de Agosto del 2010.

La tabla 3.2 muestra los diversos CETRAM cercanos a la zona de estudio, los cuales constituyen una importante demanda en general para la delegación Iztapalapa y para el tramo de estudio, los CETRAM y sus rutas de transporte público al no estar coordinados ni tener un control generan problema de la movilidad de la zona. Por lo cual se observa que ambos CETRAM constituyen la mayor demanda de la zona, al no estar regulados, las vialidades se ven afectadas en HMD, también se observa que los CETRAM Constitución de 1917 y Santa Martha tienen los mayores números de parque vehicular lo que satura las vialidades en HMD. Además la probabilidad de que ocurran algunas otras actividades que afecten de manera negativa que impidan el movimiento de los vehículos (accidentes viales, o cierre de vialidades entre otras) por lo tanto al implementar un sistema BRT en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa para mitigar el congestionamiento vial principalmente en HMD, contribuyendo a la solución de la problemática de movilidad, además de mejorar la calidad de vida de los usuarios que todos los días se trasladan a sus distintos destinos para satisfacer una necesidad. Ver imagen 3.7.

Al incorporar un sistema BRT bien estructurado, que ayude a la movilidad acortando los tiempos de viaje, además de brindar un nivel de servicio de calidad y un viaje de forma segura, al planificar el sistema y adecuarlo en base a las necesidades de los habitantes de la zona de estudio con la ayuda de iniciativa del gobierno de la Cd. de México, así como de los proveedores del sistema empresas e instituciones interesados en dicho proyecto y de la iniciativa privada, y se consideren las mejores propuestas de operación del sistema de transporte de la mejor manera y a un bajo costo, lo que implica quitar algunas rutas de transporte concesionado (como es el caso de la ruta - 14) y/o reordenar algunas otras rutas para no afectar al nuevo sistema en su servicio operacional.

En la imagen 3.6 se observa el CETRAM Constitución de 1917 pertenecientes al Metro, donde colindan las vías principales Periférico Oriente (Canal de Garay) y el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.



**Imagen 3.6** CETRAM Constitución de 1917 del STC.

**Fuente:** Bing Maps.(2015). CETRAM Constitución de 1917. [Imagen 3.7]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

En la imagen 3.7 se muestra el CETRAM Santa Martha, que se encuentra en el otro extremo de la zona de estudio colindando con dos municipios del estado de México, Netzahualcóyotl y Los Reyes La Paz, recordemos que el CETRAM es una zona que atrae viajes.



**Imagen 3.7** CETRAM Santa Martha del STC.

**Fuente:** Bing Maps.(2015).CETRAM Santa Martha. [Imagen 3.8]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

## CAPITULO 4

# ANÁLISIS PARA LA PROPUESTA BRT (AUTOBÚS DE TRÁNSITO RÁPIDO).

---

### 4.1 Indicadores.

Las actividades a desarrollar (en campo y documental) nos darán las soluciones a la problemática de movilidad en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.

El objetivo es optimizar la movilidad en la zona de estudio con la propuesta de un sistema BRT, mediante la ingeniería en transporte urbano, para beneficiar la movilidad de los usuarios y recuperar las condiciones del espacio público, y disminuir la dependencia del automóvil particular y optar por utilizar sistemas masivos de transporte público.

En base a los estudios de ingeniería de transporte urbano, los métodos y técnicas a considerar para la solución de la problemática de la movilidad en el desarrollo de este proyecto de tesis se tiene los siguientes indicadores a analizar:

1. Aforos en campo: ascensos, descensos y cargas puntuales.
2. Volúmenes vehiculares en HMD, velocidades y tiempos de viaje.
3. La obtención de datos de información estadística y geográfica de la delegación Iztapalapa y el Estado de México del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en formato Excel (Tablas de datos), ráster (Imágenes) y archivos vectoriales (SHP, SINCE 2010\_09) y la información se analiza con un Sistema de Información Geográfica (SIG).
4. Planes y programas Integrales de desarrollo urbano de la Cd. de México.
5. La Estimación de la DP basándose en el método de la Acumulación de Oportunidades con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG).
6. El análisis y comparativa de la economía del combustible de los vehículos BRT.
7. Sistema GPS para realizar los recorridos dentro de los vehículos y analizar la información mediante el software especializado (GPS Photo Tagger).

## **4.2. Análisis de ascensos, descensos y ocupación en la zona de estudio.**

Para el trabajo realizado en campo en la zona de estudio, se consideran 14 puntos de mayor afluencia de usuarios los cuales son: CETRAM Santa Martha, Coppel Santa Marta, penitenciaría de Santa Martha, eje 6 sur Av. de las Torres, avenida Primavera, avenida de las Minas, Vocacional 7, avenida Santa Cruz Meyehualco (Tinacos), calle 17, calle 39, calle 55 Deportivo Santa Cruz Meyehualco, CETRAM Constitución de 1917, considerando las paradas establecidas en base para el transporte público como: Grupo Metropolitano de Transporte (GMT), Red de Transporte de Pasajeros (RTP), y el transporte concesionado (microbuses y Autobuses) en HMD.

Para el estudio de ascensos y descenso de acuerdo a propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico como: martes, miércoles y jueves (días laborales donde la demanda se encuentra en equilibrio y no los fines de semana donde los días son atípicos y la demanda cambia). En este trabajo de tesis se tomaron los martes y jueves para realizar el estudio de campo dado que son días laborales donde existe un equilibrio en la demanda de acuerdo a manuales de estudio de ingeniería en tránsito (Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, 2004).

El análisis de ascensos y descenso se realizaron los días martes y jueves dado que son los días en que se equilibra la demanda, los días lunes y viernes son fin e inicio de semana, por lo que los viajes se vuelven atípicos y el día miércoles es mitad de semana donde el patrón de viaje cambia, de acuerdo a estándares del Manual de Capacidad HCS 2000.

El horario en que se realizaron los aforos, fue en HMD de entre 6:00 a.m. y 10:00 a.m., es el horario donde los usuarios se dirigen o realizan viajes al trabajo, escuela, compras, recreación entre otras. Los aforos en campo realizados en los autobuses y microbuses en el análisis de las rutas.

### **Ruta GMT – 112.**

El modo de transporte GMT representa un número menor de ascensos y descensos desde el comienzo, dado que estas ruta son de paso para el CETRAM Constitución de 1917 y su

destino son el CETRAM Zapata, es una ruta que atrae usuarios de la zona de estudio, la frecuencia de los vehículos en HMD es de 10 minutos, en horario matutino los usuarios se dirigen principalmente a la terminal por lo que hay pocos descensos, a lo largo del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, con una tarifa de \$ 6.00 pesos y su máxima capacidad del vehículo es de 110 pasajeros.

Sin embargo a lo largo recorrido se observa que la demanda de usuarios está presente, el ascenso de usuarios llena los asientos del vehículo, por lo que prácticamente (los usuarios) más de la mitad del trayecto tiene que ir de pie.

En este estudio en HMD se observó que los descensos a lo largo del corredor son mínimos, por lo que los viajes son hacia destino final de la ruta el cual es el CETRAM Zapata, como se ve en la tabla 4.1.

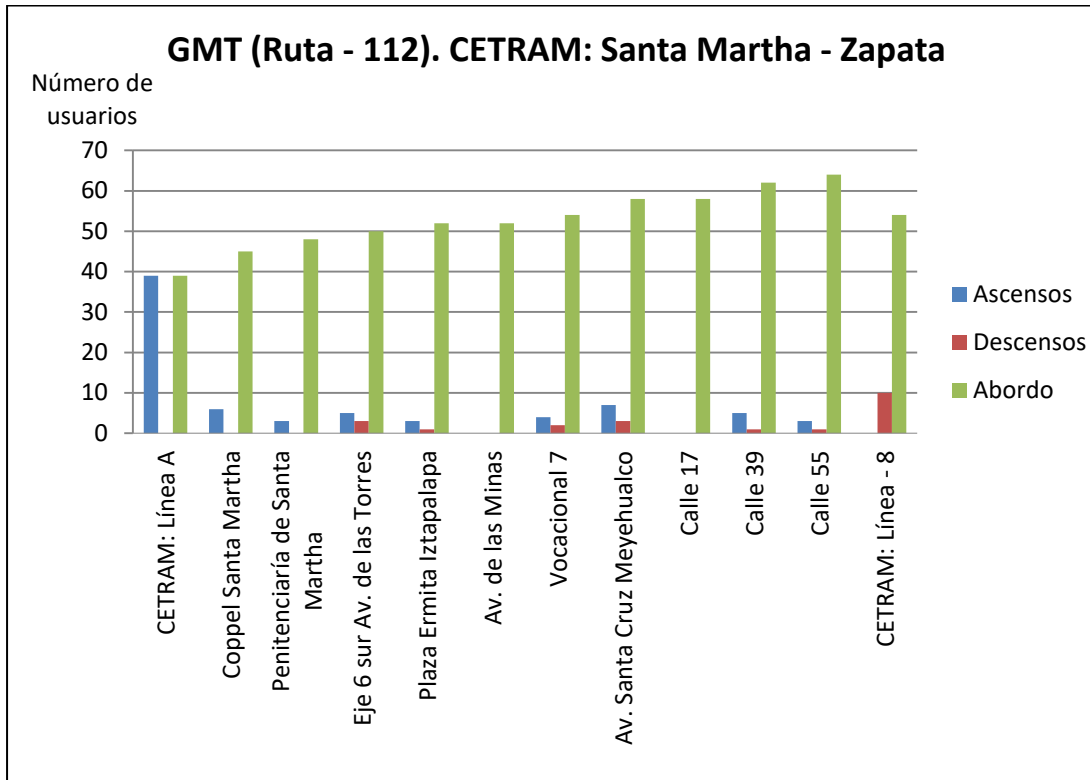
**Tabla 4.1** Ascensos, descensos y abordo GMT ruta - 112.

| <b>Modo GMT-112 ( CETRAM: Santa Martha – Zapata)</b> |                                 |                 |                  |               |
|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| <b>ID</b>                                            | <b>Ubicación de las paradas</b> | <b>Ascensos</b> | <b>Descensos</b> | <b>Abordo</b> |
| 1                                                    | CETRAM: Línea - A               | 39              | 0                | 39            |
| 2                                                    | Coppel Santa Martha             | 6               | 0                | 45            |
| 3                                                    | Penitenciaría de Santa Martha   | 3               | 0                | 48            |
| 4                                                    | Eje 6 sur Av. de las Torres     | 5               | 3                | 50            |
| 5                                                    | Plaza Ermita Iztapalapa         | 3               | 1                | 52            |
| 6                                                    | Av. de las Minas                | 0               | 0                | 52            |
| 7                                                    | Vocacional 7                    | 4               | 2                | 54            |
| 8                                                    | Av. Santa Cruz Meyehualco       | 7               | 3                | 58            |
| 9                                                    | Calle 17                        | 0               | 0                | 58            |
| 10                                                   | Calle 39                        | 5               | 1                | 62            |
| 11                                                   | Calle 55                        | 3               | 1                | 64            |
| 12                                                   | CETRAM: Línea - 8               | 0               | 10               | 54            |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

En la gráfica 4.1 se muestra un diagrama de barras con los datos obtenidos en campo de la tabla 4.1.

**Gráfica 4.1** Ascensos y descenso de la ruta – 112 GMT.



**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

Por lo que se tiene un total de ascensos de 75, descenso 21 de un total de personas atendidas, en HMD.

**Ruta RTP 52 – C.**

Para esta ruta del RTP, el modo que mayor demanda tiene un 90% de su capacidad. La frecuencia de los vehículos es de aproximadamente 15 minutos, y una tarifa de \$ 2.00 pesos, por lo que a mitad de su trayecto los usuarios tienen que ir a colgados o en las orillas de las puertas de las puertas representando un peligro para ellos. La capacidad máxima del vehículo es de 90 Pasajeros, los ascensos y descenso se muestran en la tabla 4.2.

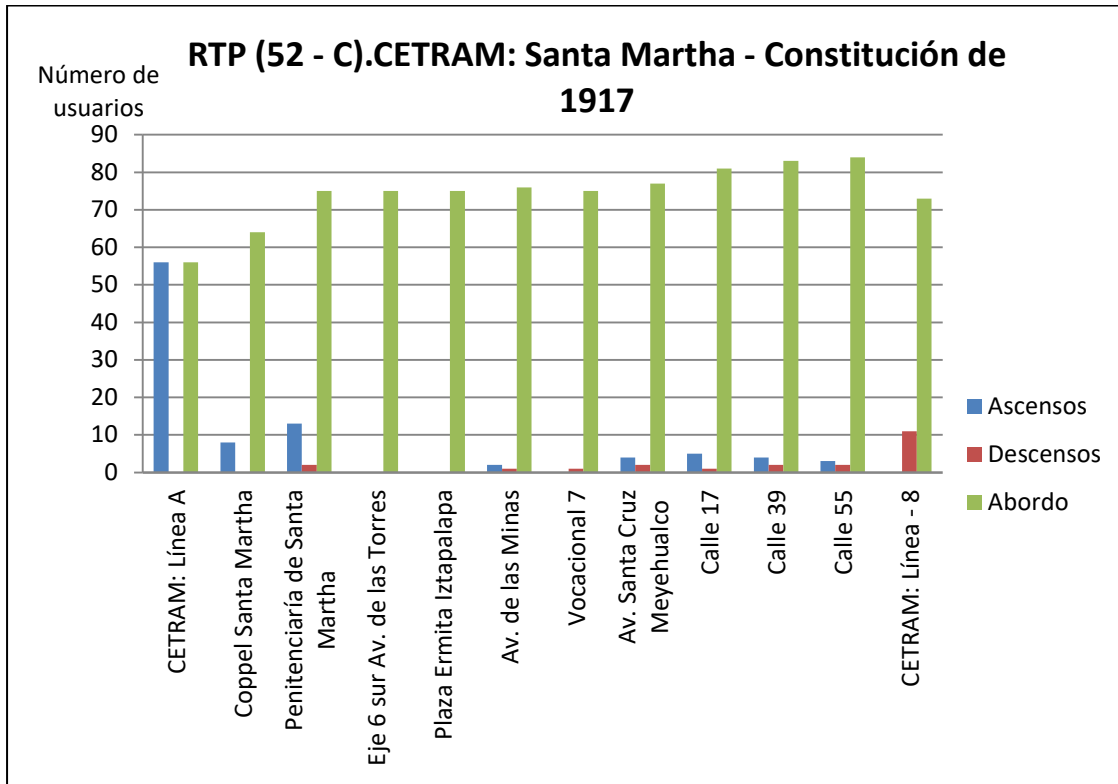
**Tabla 4.2** Ascensos, descensos y a bordo del RTP 52 – C.

| <b>Modo RTP52 – C. (CETRAM: Santa Martha – Zapata)</b> |                               |                 |                  |               |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| <b>ID</b>                                              | <b>Ubicación</b>              | <b>Ascensos</b> | <b>Descensos</b> | <b>Abordo</b> |
| 1                                                      | CETRAM: Línea - A             | 56              | 0                | 56            |
| 2                                                      | Coppel Santa MARTHA           | 8               | 0                | 64            |
| 3                                                      | Penitenciaría de Santa Martha | 13              | 2                | 75            |
| 4                                                      | Eje 6 sur Av. de las Torres   | 0               | 0                | 75            |
| 5                                                      | Plaza Ermita Iztapalapa       | 0               | 0                | 75            |
| 6                                                      | Av. de las Minas              | 2               | 1                | 76            |
| 7                                                      | Vocacional 7                  | 0               | 1                | 75            |
| 8                                                      | Av. Santa Cruz Meyehualco     | 4               | 2                | 77            |
| 9                                                      | Calle 17                      | 5               | 1                | 81            |
| 10                                                     | Calle 39                      | 4               | 2                | 83            |
| 11                                                     | Calle 55                      | 3               | 2                | 84            |
| 12                                                     | CETRAM: Línea - 8             | 0               | 11               | 73            |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

Se muestra el número de ascensos, descensos y abordo en la gráfica 4.2, donde se puede observar muy pocos ascensos ya que como anteriormente se menciona prácticamente al comienzo del viaje sale casi al total de capacidad lo cual implica que el vehículo durante el viaje no tenga espacio para albergar más usuarios.

**Gráfica 4.2** Ascensos, descenso y abordo del RTP 52 – C.



**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

Por lo que se tiene un total de ascensos de 95, descenso 22 y personas atendidas 117 en HMD.

**Ruta – 14 transporte concesionado.**

En lo que respecta a la ruta 14 del transporte concesionado, el cual representa este representa el 80% de los viajes en la zona de estudio, que predomina con vehículos como lo son: autobuses y microbuses y combis, para este caso tomando en cuenta que el parque vehicular en todos sus ramales es de 1,100 vehículos de transporte concesionado en su mayoría son microbuses seguidos de autobuses su máxima capacidad es de 40 pasajeros y 90 pasajeros, con una frecuencia de 3 minutos y una tarifa de entre \$ 4.00 y \$ 6.00 pesos, desafortunadamente esta ruta presta su servicio afuera de los CETRAM Santa Martha y Constitución de 1917, afecta la vialidad a todas horas del día desde las 6:00 a.m. hasta las 10:00 p.m. y ocurriendo que en HMD llegan a ocupar hasta tres carriles esperando usuarios y entorpeciendo el paso de los vehículos en las principales intersecciones semaforizadas,

tardándose hasta dos ciclos de semáforo afectando el flujo vehicular y generando congestión vial. El principal problema de la zona de estudio es el transporte concesionado en malas condiciones y la forma de operación de este al no estar regulada por las autoridades. Ver tabla 4.3.

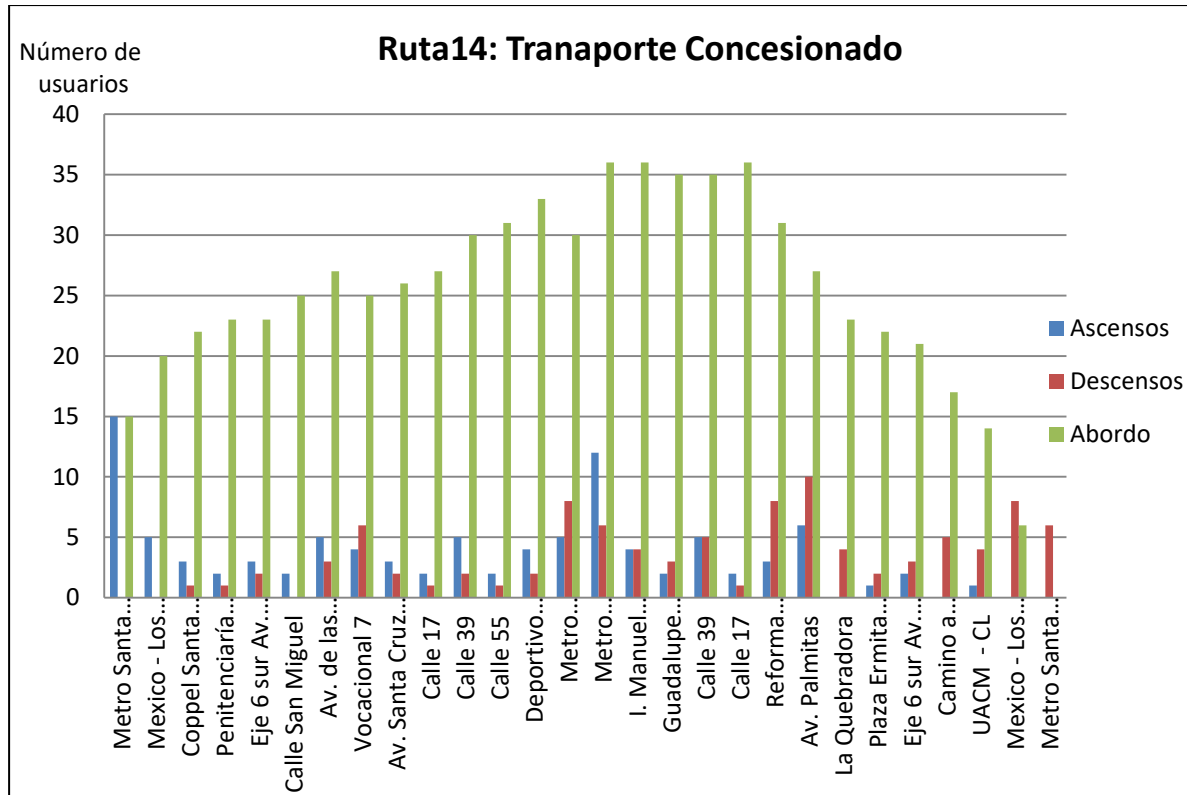
**Tabla 4.3** Ascensos, descensos y abordo, ruta 14 (transporte concesionado).

| <b>Ruta – 14. Transporte concesionado</b> |                             |                 |                  |               |               |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| <b>ID</b>                                 | <b>Ubicación</b>            | <b>Ascensos</b> | <b>Descensos</b> | <b>Abordo</b> | <b>Parada</b> |
| 1                                         | Metro Santa Martha          | 15              | 0                | 15            | 0             |
| 2                                         | México - Los Reyes          | 5               | 0                | 20            | 1             |
| 3                                         | Coppel Santa Martha         | 3               | 1                | 22            | 2             |
| 4                                         | Penitenciaría de Sta. M.    | 2               | 1                | 23            | 3             |
| 5                                         | Eje 6 sur Av. de las Torres | 3               | 2                | 23            | 4             |
| 6                                         | Calle San Miguel            | 2               | 0                | 25            | 5             |
| 7                                         | Av. las palmas              | 5               | 3                | 27            | 6             |
| 8                                         | Vocacional 7                | 4               | 6                | 25            | 7             |
| 9                                         | Av. Santa Cruz Meyehualco   | 3               | 2                | 26            | 8             |
| 10                                        | Calle 17                    | 2               | 1                | 27            | 9             |
| 11                                        | Calle 39                    | 5               | 2                | 30            | 10            |
| 12                                        | Calle 55                    | 2               | 1                | 31            | 11            |
| 13                                        | Deportivo Sta. Cruz         | 4               | 2                | 33            | 12            |
| 14                                        | Metro Constitución          | 5               | 8                | 30            | 13            |
| 15                                        | Metro Constitución          | 12              | 6                | 36            | 14            |
| 16                                        | I. Manuel Altamirano        | 4               | 4                | 36            | 15            |
| 17                                        | Guadalupe Victoria          | 2               | 3                | 35            | 16            |
| 18                                        | Calle 39                    | 5               | 5                | 35            | 17            |
| 19                                        | Calle 17                    | 2               | 1                | 36            | 18            |
| 20                                        | Reforma Económica           | 3               | 8                | 31            | 19            |
| 21                                        | Av. Palmitas                | 6               | 10               | 27            | 20            |
| 22                                        | La Quebradora               | 0               | 4                | 23            | 21            |
| 23                                        | Plaza Ermita Iztapalapa     | 1               | 2                | 22            | 22            |
| 24                                        | Eje 6 sur Av. de las Torres | 2               | 3                | 21            | 23            |
| 25                                        | Camino a Santiago           | 0               | 5                | 17            | 24            |
| 26                                        | UACM - CL                   | 1               | 4                | 14            | 25            |
| 27                                        | México - Los Reyes          | 0               | 8                | 6             | 26            |
| 28                                        | Metro Santa Martha          | 0               | 6                | 0             | 27            |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

La ruta 14 representa el menor número de ascensos al principio del recorrido por el mayor número de parque vehicular con el que cuenta y la competencia entre los conductores por los usuarios, estos optan por esperar más vehículos vacíos para que su viaje sea más cómodo e ir sentados, es la ruta que representa más ascenso y descenso en sus viajes y la que prevalece en la zona de estudio.

**Gráfica 4.3** Ascensos, descensos y abordo ruta -14 (transporte público concesionado).



**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo, en la zona de estudio.

Finalmente se tiene un total de 196 personas atendidas, lo que representando el mayor porcentaje de usuarios que utiliza este modo de transporte.

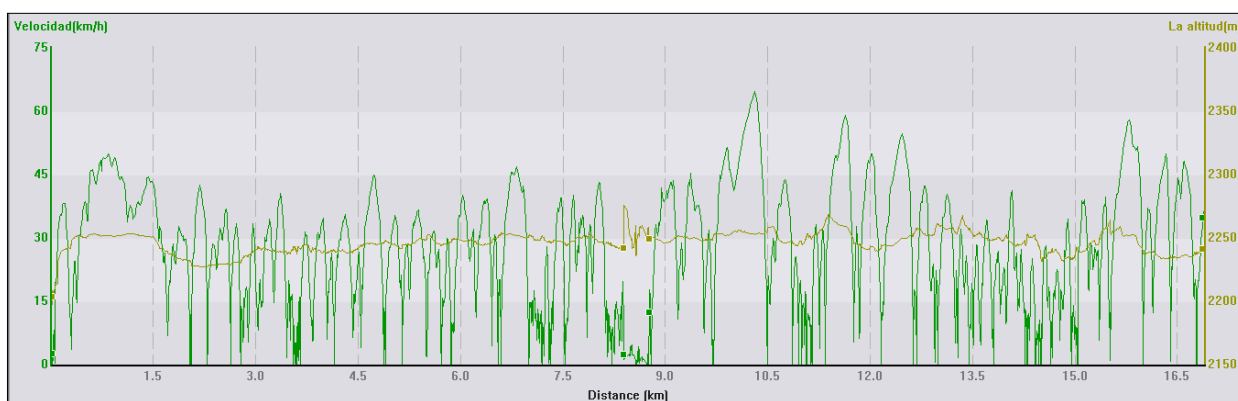
### 4.3. Velocidad y tiempo de recorrido en los sistemas de transporte público del eje 8 sur Calzada Ermita Iztapalapa.

#### Ruta – 14.

Para determinar la velocidad de recorrido para el modo de transporte en microbús de la Ruta - 14 dentro de los vehículos con equipo GPS, se realizó el viaje desde el CETRAM Santa Martha (origen) al CETRAM Constitución (destino), de ida y vuelta en un mismo viaje.

El recorrido muestra las siguientes características: La velocidad promedio es de 40 km/hr, con una distancia aproximada de 17 km, con una altitud en promedio de 2250 m, levantamiento realizado en campo en una unidad de microbús. Ver imagen 4.1.

**Imagen 4.1** Ruta -14. Velocidad – distancia y altitud.



|                              |           |                          |           |
|------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| <b>Tiempo :</b>              | 1hr, 8min | <b>Distancia:</b>        | 16.9 km   |
| <b>Tiempo en Movimiento:</b> | 54 min    | <b>Tiempo detenido:</b>  | 14 min    |
| <b>Máxima velocidad:</b>     | 64.6 km/h | <b>Mínima Velocidad:</b> | 14.8 km/h |
| <b>Ascenso total:</b>        | 291 m     | <b>Descenso total:</b>   | 239 m     |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo con GPS, utilizando software especializado GPS Photo -Targer.

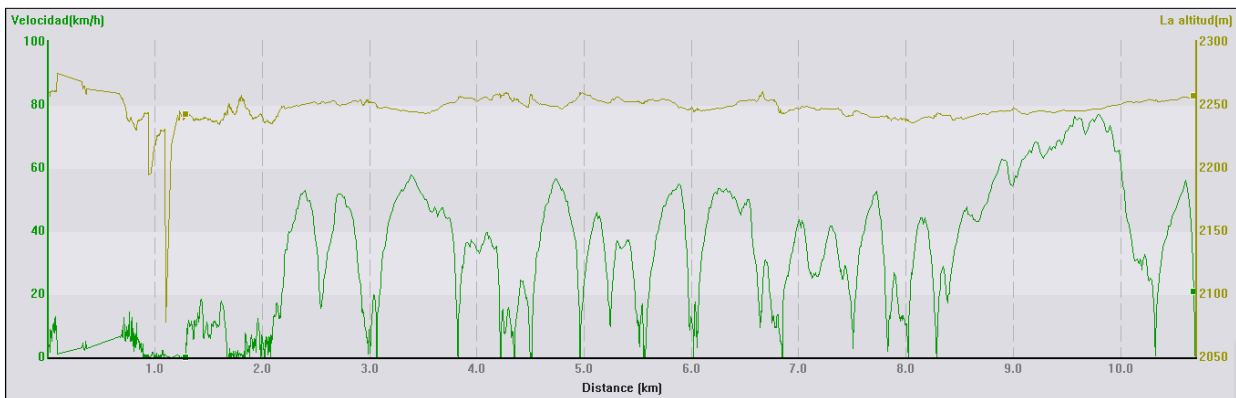
## Grupo Metropolitano de Transporte (GMT) CETRAM: Santa Martha-Constitución de 1917.

### Ruta GMT – 112.

En este modo de transporte el análisis en los CETRAM: Santa Martha – Constitución de 1917, se determinó una velocidad promedio de recorrido de 47 km/hr, como se muestra en la imagen 4.2.

Por otra parte en la gráfica de velocidad-distancia, con una distancia de 10.7 km, para un viaje de ida sin completar el ciclo, se analiza más adelante, con una altitud en promedio de 2250 m de acuerdo a la información del GPS, el levantamiento realizado en una unidad de la ruta -112. Ver la tabla de la imagen 4.2.

**Imagen 4.2** Ruta - 112 GMT. Velocidad – distancia y altitud.



|                              |           |                          |          |
|------------------------------|-----------|--------------------------|----------|
| <b>Tiempo :</b>              | 1hr, 7min | <b>Distancia:</b>        | 10.7 km  |
| <b>Tiempo en Movimiento:</b> | 47 min    | <b>Tiempo detenido:</b>  | 20 min   |
| <b>Máxima velocidad:</b>     | 76.9 km/h | <b>Mínima Velocidad:</b> | 9.5 km/h |
| <b>Ascenso total:</b>        | 369 m     | <b>Descenso total:</b>   | 351 m    |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo con GPS, utilizando software especializado GPS Photo -Targger.

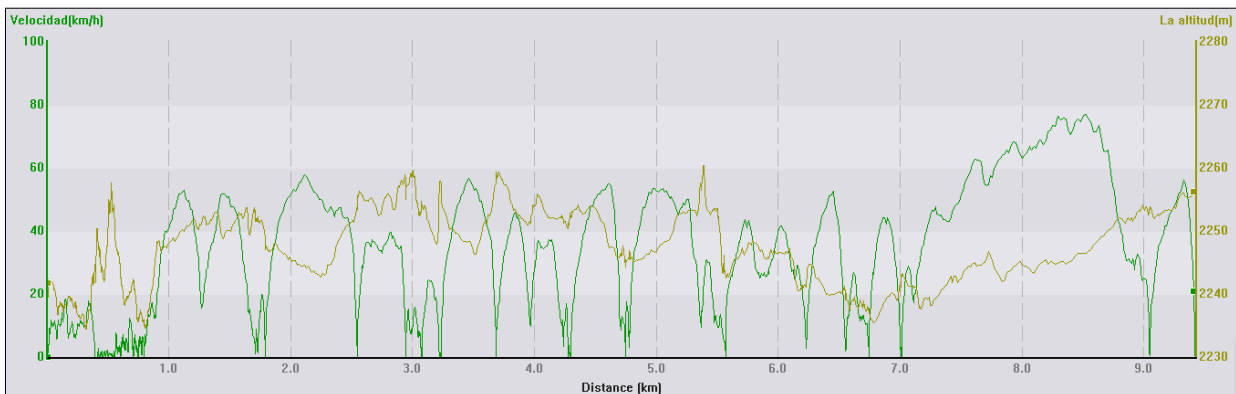
**Grupo Metropolitano de Transporte (GMT) CETRAM: Constitución de 1917-Sanata Martha.**

**Ruta GMT – 112.**

Desde el CETRAM: Constitución1917– Santa Martha, la velocidad promedio de recorrido es de 45 km/hr, como se muestra en la imagen 4.3.

Lo que representa la gráfica de velocidad-distancia, se cubrió una distancia de 9.4 km, para un viaje de ida completando el ciclo, con una altitud en promedio de 2245 m, se tuvieron problemas al enlazar el GPS con los satélites provocando perdida de la señal en algunos tramos del recorrido, por lo que hay variaciones en la información, levantamiento realizado en campo con GPS en una unidad de la ruta -112 GMT. Otras características ver imagen 4.3.

**Imagen 4.3 RTP 52 – C. Velocidad – Distancia y altitud.**



|                              |           |                          |           |
|------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| <b>Tiempo :</b>              | 53 min    | <b>Distancia:</b>        | 9.4 km    |
| <b>Tiempo en Movimiento:</b> | 36 min    | <b>Tiempo detenido:</b>  | 16 min    |
| <b>Máxima velocidad:</b>     | 76.9 km/h | <b>Mínima Velocidad:</b> | 10.6 km/h |
| <b>Ascenso total:</b>        | 122 m     | <b>Descenso total:</b>   | 108 m     |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo con GPS, utilizando software especializado GPS Photo -Targger.

## Red de transporte de Pasajeros (RTP) 52 – C.CETRAM: Santa Martha - Constitución de 1917.

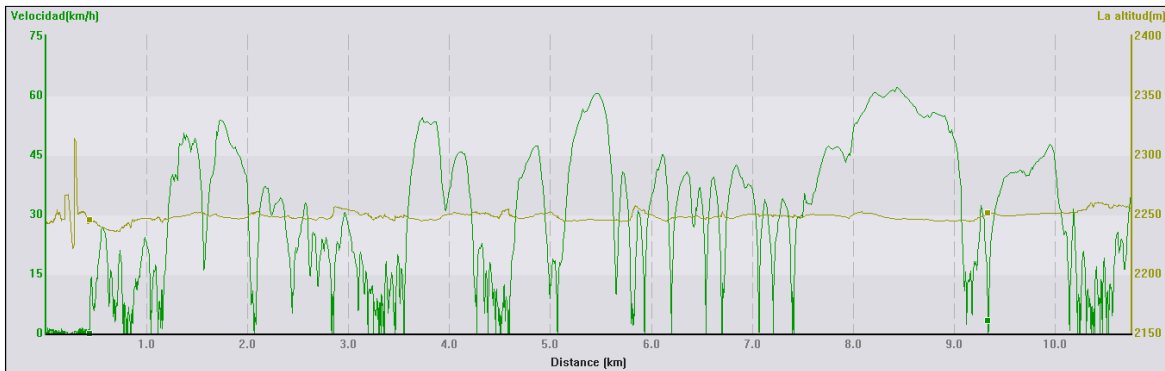
### Ruta RTP (52 – C).

En la ruta del RTP se tienen las siguientes características de recorrido de regreso del CETRAM: Santa Martha – Constitución1917, donde se tiene una velocidad de recorrido en promedio de 42 km/hr.

En la gráfica de velocidad-distancia de la imagen 4.4, con una distancia de 10.4 km, viaje de ida sin completar el ciclo, el regreso se analiza más adelante, y una altitud en promedio de 2250 m.

El levantamiento realizado en campo con GPS con buena señal, en una unidad de la ruta del RTP 52 – C. Más detalles del recorrido ver la tabla de la imagen 4.4.

**Imagen 4.4** RTP 52 – C. Velocidad – Distancia y altitud.



|                              |            |                          |           |
|------------------------------|------------|--------------------------|-----------|
| <b>Tiempo :</b>              | 1hr 15 min | <b>Distancia:</b>        | 10.4 km   |
| <b>Tiempo en Movimiento:</b> | 40 min     | <b>Tiempo detenido:</b>  | 35min     |
| <b>Máxima velocidad:</b>     | 68.1 km/h  | <b>Mínima Velocidad:</b> | 11.3 km/h |
| <b>Ascenso total:</b>        | 312 m      | <b>Descenso total:</b>   | 281 m     |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo con GPS, utilizando software especializado GPS Photo -Targger.

## Red de transporte de Pasajeros (RTP) 52 – C.CETRAM: Constitución de 1917-Santa Martha.

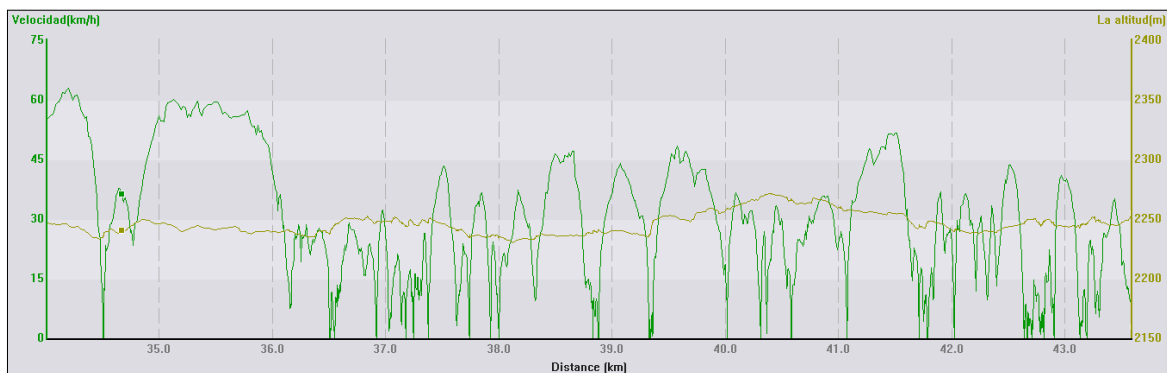
### Ruta RTP (52 – C).

El recorrido del RTP completando el ciclo, desde el CETRAM: Constitución1917–Santa Martha, se tiene una velocidad promedio de recorrido de 35 km/hr.

En la gráfica de velocidad – distancia se muestra una distancia de 9.5 km, con una altitud en promedio de 2250 m.

El recorrido realizado en campo con GPS con buena señal, en una unidad de la ruta de RTP 52 – C. Otras características ver imagen 4.5.

**Imagen 4.5** Velocidad – distancia y altitud.



|                              |           |                          |           |
|------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| <b>Tiempo :</b>              | 42 min    | <b>Distancia:</b>        | 10 km     |
| <b>Tiempo en Movimiento:</b> | 27min     | <b>Tiempo detenido:</b>  | 15 min    |
| <b>Máxima velocidad:</b>     | 68.1 km/h | <b>Mínima Velocidad:</b> | 11.3 km/h |
| <b>Ascenso total:</b>        | 219 m     | <b>Descenso total:</b>   | 141 m     |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo con GPS, utilizando software especializado GPS Photo -Targer.

#### 4.4. Volumen vehicular en el corredor de la zona de estudio.

Con el cálculo para el volumen vehicular recopilado en campo se hicieron los estudios pertinentes de aforos vehiculares, se realizaron los días martes y jueves de acuerdo a los criterios de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados en días representativos (días típicos) de la semana, para evitar sesgos en los mismos.

Para este trabajo de tesis los aforos vehiculares se llevan a cabo en periodos de tres horas entre la 6:00 a.m. y las 9:00 p.m., hasta completar un máximo de 9 horas al día, en un punto determinado en HMD de la zona de estudio.

Los aforos muestran los siguientes datos de volumen vehicular, para sustentar la propuesta del sistema BRT:

- I. Volumen vehicular de transporte público para la zona de estudio por hora: **402 vehículos** por hora en HMD (eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa).
- II. Volumen vehicular de transporte particular y de carga por hora: **1,035 vehículos** por hora (en ambos sentidos).
- III. Volumen vehicular por las nueve horas de HMD al día: tiene un rango de: **4,694 vehículos a 6135 vehículos** (en ambos sentidos).
- IV. Volumen de vehicular en promedio en HMD: **5,415 vehículos** para las nueve horas de aforo vehicular al día (en ambos sentidos).

La demanda de transporte público y particular está presente en el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, lo que garantiza la demanda para la propuesta del sistema BRT. Ver ANEXO A. Diagramas de aforos de volumen vehicular (Pag.140-144).

Tomando en cuenta que por hora pasan en el tramo a estudio **402 vehículos** de transporte público y concesionado en base al estudio del volumen vehicular realizado en campo, además que la capacidad de los vehículos oscila entre los 40 y 110 pasajeros, al realizar los cálculos para la demanda diaria se tiene lo siguiente: **30,150 usuarios potenciales al día**, por lo que la demanda se encuentra dentro del rango requerida para implementar un sistema BRT.

La demanda requerida para implementar un sistema BRT oscila de entre **15,000 y 45,000 usuarios** por hora por sentido, de acuerdo a la configuración del sistema y tipo de vehículos.

#### 4.5. Rutas de transporte en la zona de estudio.

Los ramales de las rutas de transporte en la zona de estudio que se localizan en el CETRAM Santa Martha, donde comienzan el viaje hacia sus destinos, es importante para saber cómo se relacionan con nuestro corredor a estudio y sus lugares de origen. Ver la tabla 4.4.

##### A. CETRAM – Santa Martha. Línea A del Sistema de Transporte Colectivo (SCT) Los Reyes – Pantitlán.

**Tabla 4.4** Rutas de transporte CETRAM - Santa Martha (origen – destino – origen).

| <b>Santa Martha</b> | <b>Distribuidor Santa Martha, Carretera Libre México-Puebla, Col. Santa Martha Acatitla</b>                                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ruta 14             | Metro Santa Martha - Canal de Chalco<br>Metro Santa Martha - Central de Abasto<br>Metro Santa Martha - Metro Portales                                                                                                      |
| Ruta 36             | Metro Santa Martha - C. Ayotla<br>Metro Santa Martha - San Buenaventura / Chopo 4° Volcanes<br>Metro Santa Martha - Hacienda Xico<br>Metro Santa Martha - Torres / Buenavista<br>Metro Santa Martha - Torres / Guadalupana |
| Ruta 42             | Metro Santa Martha - Carmelo Pérez<br>Metro Santa Martha - Kenedy                                                                                                                                                          |
| Ruta 50             | Metro Santa Martha - Coatepec<br>Metro Santa Martha - Héroes Ixtapaluca                                                                                                                                                    |
| Ruta 51             | Metro Santa Martha - Cobarrubias<br>Metro Santa Martha - María Isabel<br>Metro Santa Martha - Tlaltengo<br>Metro Santa Martha - Tulyehualco                                                                                |
| Ruta 53             | Metro Santa Martha - Potrero<br>Metro Santa Martha - Festival / La Joya<br>Metro Santa Martha - Lomas / San Sebastián<br>Metro Santa Martha - Techa / Altavista<br>Metro Santa Martha - San José Palmas                    |
| Ruta 71             | Metro Santa Martha – Avisadero<br>Metro Santa Martha – Ixtlahuacan                                                                                                                                                         |
| Ruta 74             | Metro Santa Martha – Miravalle<br>Metro Santa Martha - Palmas / Rancho Bajo<br>Metro Santa Martha - Santiago / San Pablo                                                                                                   |
| Ruta 77             | Metro Santa Martha – Floresta                                                                                                                                                                                              |
| Ruta 83             | Metro Santa Martha - San Vicente / Ara / Came Veta Directo                                                                                                                                                                 |

|          |                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ruta 83  | Metro Santa Martha - San Vicente / Ara / Came Veta Directo                                                  |
| Ruta 92  | Metro Santa Martha - Ciudad Alegre / Patos / Castillo<br>Metro Santa Martha - Santa Elena                   |
| Ruta 98  | Metro Santa Martha - Mercado 2 de Noviembre<br>Metro Santa Martha - San Vicente / Ara 3                     |
| Ruta 104 | Metro Santa Martha – Maizera<br>Metro Santa Martha - Puente El Salado                                       |
| Ruta 112 | Metro Santa Martha - Metro Universidad<br>Metro Santa Martha - Metro Zapata<br>Metro Santa Martha – Mixquic |
| RTP 1-D  | Metro Santa Martha - Metro Mixcoac                                                                          |
| RTP 52-C | Metro Santa Martha - Metro Zapata                                                                           |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo en el CETRAM Santa Martha.

**B. CETRAM – Constitución de 1917). Línea 8 del Sistema de Transporte Colectivo (STC): Constitución de 1917 – Garibaldi.**

En otro caso las rutas para el CETRAM Constitución de 1917, se tiene ramales que son importantes para ver cómo se relacionan con nuestra zona de estudio y cuáles son sus destinos. Ver la tabla 4.5.

**Tabla 4.5** Rutas de transporte CETRAM - Constitución de 1917 (origen – destino – origen).

| <b>Constitución de 1917</b> | <b>Eje 8 Sur (CEI) entre anillo Periférico, Canal de Garay y Col. Los Angeles.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ruta 11                     | Metro Constitución de 1917 - Metro Pino Suárez<br>Metro Constitución de 1917 - Bordo de Xochiaca<br>Metro Constitución de 1917 - Aeropuerto (Metro Boulevard Puerto Aéreo)<br>Metro Constitución de 1917 - Metro Canal de San Juan<br>Metro Constitución de 1917 - Metro Pantitlán                                                                                             |
| Ruta 14                     | Metro Constitución de 1917 - Minas / Estación / Agrarista<br>Metro Constitución de 1917 - Reclusorio Oriente / Puente Blanco<br>Metro Constitución de 1917 - Vergel / Canal de Chalco<br>Metro Constitución de 1917 - Palmitas / Zapotes / Lechería<br>Metro Constitución de 1917 - Unidad 520 / San Juan Xalpa                                                                |
| Ruta 37                     | Metro Constitución de 1917 - Arboledas / Aurorita<br>Metro Constitución de 1917 - Metro Guelatao<br>Metro Constitución de 1917 –Zaporita<br>Metro Constitución de 1917 - 10 de Mayo<br>Metro Constitución de 1917 - Hank González<br>Metro Constitución de 1917 – Parajes<br>Metro Constitución de 1917 - Pozos / Tenorios<br>Metro Constitución de 1917 - San José Buenavista |
| Ruta 119                    | Metro Constitución de 1917 - Av. del Árbol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|           |                                                                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ruta 131  | Metro Constitución de 1917 - Alameda Oriente<br>Metro Constitución de 1917 - Metro Canal de San Juan |
| RTP 57-A  | Metro Constitución de 1917 - Metro Cuatro Caminos                                                    |
| RTP 57-C  | -----                                                                                                |
| RTP 159   | Metro Constitución de 1917 – Palmitas                                                                |
| RTP 161   | Metro Constitución de 1917 - Ampliación Santiago                                                     |
| RTP 161-C | Metro Constitución de 1917 – Palmas                                                                  |
| RTP 161-E | Metro Constitución de 1917 - San José Buenavista                                                     |
| RTP 161-F | Metro Constitución de 1917 - Barranca de Guadalupe                                                   |
| RTP 162   | Metro Constitución de 1917 - Santa Catarina                                                          |
| RTP 165-A | Metro Constitución de 1917 - Ejército de Oriente                                                     |

**Fuente:** Elaborado en base a estudios y aforos en campo en el CETRAM Constitución de 1917.

Actualmente la ruta - 14 de transporte público concesionado que predomina en la zona de estudio, cuenta con un parque vehicular de **1,100 vehículos** conformado por: microbuses, autobuses y combis.



#### **4.6. Análisis de la Demanda Potencial (DP), utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG).**

La estimación de la Demanda Potencial (DP) por análisis de proximidad (Acumulación de oportunidades), es una buena opción para el análisis de la DP en un corredor urbano al proponer nuevos sistemas de transporte masivo como lo es un BRT.

La cercanía es un factor que genera posibilidades de atención, servicios, seguridad, bienestar, mejora la calidad de vida, etc., ya que te permite satisfacer una necesidad sin tener que desplazarte grandes distancias ni perder tiempo.

Al tener todos los servicios cerca por ejemplo: Centros de trabajo, escuelas, hospitales, parques, unidades deportivas y centros comerciales son puntos de interés que dan lugar a la generación de viajes y a la oferta - demanda de los sistemas de transporte, por ejemplo:

- Tener una tienda cerca significa la oportunidad de comprar algo en un momento determinado.
- Una clínica y un hospital cercanos significa mayores posibilidades de sobrevivencia en casos de emergencia, ya que la ambulancia no tendría que recorrer grandes distancias para atender el llamado.
- Un sistema de transporte cercano significa oportunidades de conectividad y accesibilidad, con la finalidad de satisfacer las necesidades de la población.

Para comenzar el análisis de la DP del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, se requiere de datos precisos sobre la población por AGEB como punto de partida de la zona de estudio.

Para calcular la demanda de los posibles usuarios potenciales se utilizó software especializado ArcGIS10 con el interface de ArcMap 10, con datos de información estadística y geográfica de los últimos censos del INEGI y extraer la información requerida para la zona de estudio en este caso el Marco Geostadístico Nacional 2010, es decir, trabajar con: la red vial, AGEB urbana, localidades urbanas, servicios, uso de suelo, rutas de transporte público y concesionado, estados, municipio, manzanas y delegaciones, posteriormente realizar el

análisis espacial correspondiente y representar los resultados de forma gráfica e ilustrativa por medio de mapas.

### **Elementos a utilizar.**

Definamos primero las siguientes características del software ArcGIS 10.

- I. ArcGIS10: El software ArcGIS es un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada mundialmente por profesionales y personas para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.
  
- II. ArcMap 10: Es la aplicación central de ArcGIS 10 en que se visualiza la forma de analizar y la edición de los datos geográficos así como también la creación de mapas, se usan toda las tareas relacionadas con los mapas como el análisis y la edición cartográfica, una de las características que ofrece la visualización de diferentes maneras de un mapa como la vista e datos geográficos o como un arreglo final para ser exportado e impreso (ArcGIS, 2015).

Características de la interfaz:

1. Admite archivos con extensión mxd, son archivos que contienen tablas, gráficas y elementos de salida.
  
2. Archivos requeridos para trabajar como:
  - a) Archivos en Formato .SHP (archivos vectoriales), el archivo principal que almacena geometría de la entidad, conformado por puntos, líneas y polígonos (capas).
  
  - b) Archivos de información .dbf, es decir las tablas de atributos de las entidades.

c) Archivos lineales (ráster) .shx, .sbx, .sbn, .rpt, .shd, el índice espacial, el índice de la geometría, y el sistema de coordenadas etc.

3. Además de compartir datos con la interfaz de ArcCatalog en el mismo software.

ArcCatalog10: La aplicación ArcCatalog proporciona una ventana con un catálogo que se utiliza para organizar y administrar varios tipos de información geográfica de ArcGIS Desktop. Entre los tipos de información que se pueden organizar y administrar en ArcCatalog se incluyen:

- 1) Geodatabases.
- 2) Archivos ráster.
- 3) Documentos de mapa, documentos de globo, documentos de escena 3D y archivos de capa.
- 4) Cajas de herramienta de geoprocésamiento, modelos y secuencias de comandos Python.
- 5) Servicios SIG publicados usando ArcGIS Server.
- 6) Metadatos basados en estándares para estos elementos de información SIG.

ArcCatalog organiza este contenido en una vista de árbol con la que puede trabajar para organizar los datasets SIG y documentos de ArcGIS, así como buscar elementos de información y administrarlos.

ArcCatalog presenta esta información en una vista de árbol, y le permite seleccionar un elemento SIG, ver sus propiedades y acceder a las herramientas con las que realizar operaciones en los elementos seleccionados.

### **Procedimiento.**

El proceso es el siguiente, mediante el uso del software ArcGIS 10 se realiza una estimación de la población que probablemente realizará viajes en el corredor con la finalidad de determinar la demanda potencial, considerando datos estadísticos obtenidos del INEGI principalmente para nuestro caso de estudio, la fuente utilizada fueron los datos estadísticos y geográficos del último Censo de Población y vivienda 2010, además de la encuesta

Intercensal 2015 para formar las capas del área de los municipios del Distrito Federal y parte de los municipios del Estado de México, se utilizan las capas de red vial correspondiente a las vías de circulación, AGEB urbana importantes para la población, datos vectoriales simulado las rutas de transporte (estaciones y terminales) mediante la fracción encerrada por medio de Buffers a 500 metros, es decir, áreas de influencia entre otras características.

Procedimiento a utilizar para la estimación de la DP:

1. Abrir un proyecto nuevo en el software especializado ArcGIS 10.
  - a) Configurar el área de trabajo de acuerdo a la zona geográfica.
2. Adicionar Capas al Sistema de Información Geográfica (SIG) con los siguientes insumos de INEGI 2010, 2013 y 2015:
  - a) Marco Geosestadístico Nacional (censo más reciente).
  - b) AGEB urbana con datos de población del INEGI del 2010.
  - c) Red vial correspondiente a la zona de estudio.
  - d) Trazo de la ruta a estudio (simulando un sistema de transporte).
  - e) Paradas y estaciones de la ruta.
3. Generar un Buffer (área de influencia) de 500 metros (en este proyecto se toma este parámetro a 500metros como estándar para sistemas BRT) para cada estación o parada determinada.
4. Seleccionar para cada Buffer, los AGEBS que interceptan al Buffer.
  - a) Determinar el área de influencia = Buffer = AGEBS = Población a 500 metros.
  - b) Descartar la población más densa y alejada, cerca del buffer haciendo el análisis correspondiente.
5. Determinar por proporcionalidad que AGEBS sí y no según porcentaje (%) del área que intercepta el Buffer (es decir, descartando las AGEB más lejanas del radio de influencia por proporcionalidad).
6. Una vez determinados los AGEBS, sumar la proporción total de cada AGEB.

- a) Generar una tabla resumen para determinar el total de la población cercana a las estaciones y terminales del sistema de transporte.
7. Para cada dato de las paradas o estaciones determinar porcentaje (%) de población que utiliza Transporte Público, de acuerdo a la encuesta origen-destino 2007 y el Centro de Transporte Sustentable (CTS EBARQ México).

**Tabla 4.6** Porcentaje de población que utiliza transporte público.

| <b>Población por AGEB a 500 metros</b> | <b>(%) Transporte Público.</b> |
|----------------------------------------|--------------------------------|
| 3,264                                  | 0.53                           |
| 4,238                                  | 0.53                           |
| 6,860                                  | 0.53                           |
| 7,542                                  | 0.53                           |
| 5,883                                  | 0.53                           |
| 8,715                                  | 0.53                           |

**Fuente:** Elaborada con base en datos de la encuesta origen – destino 2007 y el CTS EBARQ México.

8. Multiplicar el porcentaje de personas que utiliza el Transporte Público (cercanía a 500 metros) por el promedio de viajes por persona (Encuesta origen-destino 2007) en la entidad.

**Tabla 4.7** Porcentaje de personas que utiliza transporte público y el promedio de viajes por persona.

| <b>Población que utiliza Transporte Público (%) a 500 metros</b> | <b>Promedio de Viajes por persona en la entidad</b> |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 3,264*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |
| 4,238*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |
| 6,860*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |
| 7,542*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |
| 5,883*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |
| 8,715*(0.53)                                                     | 2.8                                                 |

**Fuente:** Elaborada con base en datos de la encuesta origen – destino 2007 y el CTS EBARQ México.

Los datos necesarios para realizar la estimación de la DP como se muestra en la tabla 4.8, en ambos sentidos del tramo de estudio y en los puntos de mayor afluencia de pasajeros a 500 metros.

Finalmente se realiza el producto de cada una de las variables requeridas hasta llegar al resultado final de la DP. Ver la tabla 4.8

**Tabla 4.8** Datos requeridos para estimar la Demanda Potencial (DP), por acumulación de oportunidades.

| ID                                    | Ubicación           | Área de influencia. Población a 500 metros | % de la población que utiliza Transporte Público | Población que utiliza Transporte Público | Promedio de Viajes por persona | Demanda Potencial por # Viajes |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1                                     | M. Santa Martha     | 3,264                                      | 0.53                                             | 1,730                                    | 2.8                            | 4844                           |
| 2                                     | México - Los Reyes  | 4,238                                      | 0.53                                             | 2,246                                    | 2.8                            | 6289                           |
| 3                                     | Coppel Sta. M.      | 6,860                                      | 0.53                                             | 3,636                                    | 2.8                            | 10180                          |
| 4                                     | Penitenciaría S.M.  | 7,542                                      | 0.53                                             | 3,997                                    | 2.8                            | 11192                          |
| 5                                     | Eje 6 sur Av. de T. | 5,883                                      | 0.53                                             | 3,118                                    | 2.8                            | 8730                           |
| 6                                     | Calle San Miguel    | 8,715                                      | 0.53                                             | 4,619                                    | 2.8                            | 12933                          |
| 7                                     | Av. de las Palmas   | 14,068                                     | 0.53                                             | 7,456                                    | 2.8                            | 20877                          |
| 8                                     | Vocacional 7        | 1,773                                      | 0.53                                             | 940                                      | 2.8                            | 2631                           |
| 9                                     | Av. Santa Cruz M.   | 4,125                                      | 0.53                                             | 2,186                                    | 2.8                            | 6122                           |
| 10                                    | Calle 17            | 5,474                                      | 0.53                                             | 2,901                                    | 2.8                            | 8123                           |
| 11                                    | Calle 39            | 6,556                                      | 0.53                                             | 3,475                                    | 2.8                            | 9729                           |
| 12                                    | Calle 55            | 9,046                                      | 0.53                                             | 4,794                                    | 2.8                            | 13424                          |
| 13                                    | Deportivo Sta. Cruz | 8,291                                      | 0.53                                             | 4,394                                    | 2.8                            | 12304                          |
| 14                                    | Metro Constitución  | 18,845                                     | 0.53                                             | 9,988                                    | 2.8                            | 27966                          |
| 15                                    | Metro Constitución  | 18,845                                     | 0.53                                             | 9,988                                    | 2.8                            | 27966                          |
| 16                                    | Manuel Altamirano   | 8,291                                      | 0.53                                             | 4,394                                    | 2.8                            | 12304                          |
| 17                                    | Guadalupe Victoria  | 9,046                                      | 0.53                                             | 4,794                                    | 2.8                            | 13424                          |
| 18                                    | Calle 39            | 6,556                                      | 0.53                                             | 3,475                                    | 2.8                            | 9729                           |
| 19                                    | Calle 17            | 5,474                                      | 0.53                                             | 2,901                                    | 2.8                            | 8123                           |
| 20                                    | Reforma Eco.        | 4,125                                      | 0.53                                             | 2,186                                    | 2.8                            | 6122                           |
| 21                                    | Av. Palmitas        | 1,773                                      | 0.53                                             | 940                                      | 2.8                            | 2631                           |
| 22                                    | La Quebradora       | 14,068                                     | 0.53                                             | 7,456                                    | 2.8                            | 20877                          |
| 23                                    | Plaza Ermita Izt.   | 8,715                                      | 0.53                                             | 4,619                                    | 2.8                            | 12933                          |
| 24                                    | Eje 6 sur Av. de T. | 5,883                                      | 0.53                                             | 3,118                                    | 2.8                            | 8730                           |
| 25                                    | Camino a Santiago   | 7,542                                      | 0.53                                             | 3,997                                    | 2.8                            | 11192                          |
| 26                                    | UACM - CL           | 6,860                                      | 0.53                                             | 3,636                                    | 2.8                            | 10180                          |
| 27                                    | México - Los Reyes  | 4,238                                      | 0.53                                             | 2,246                                    | 2.8                            | 6289                           |
| 28                                    | M. Santa Martha     | 3,264                                      | 0.53                                             | 1,730                                    | 2.8                            | 4844                           |
| <b>Demanda Potencial (DP) total =</b> |                     |                                            |                                                  | <b>310,690</b>                           | Viajes potenciales             |                                |

Fuente: Elaborada con base en datos en campo, con datos de la encuesta origen – destino 2007, datos del CTS EBARQ México y datos del INEGI 2010.

9. El Resultado es igual a la **DP de viajes potenciales**.

La población por AGEB de los censos del INEGI del 2010, como es el Marco Geostadístico Nacional 2010, SCINCE 2010, AGEB urbana, red vial y la ruta utilizando radios de 500 metros de influencia sobre los lugares donde existe mayor afluencia de pasajeros de acuerdo al trabajo de campo realizado y como los puntos donde los usuarios realizan el ascenso y descenso en HMD, tomando como base el transporte concesionado que es el que se tiene que sustituir o reubicar

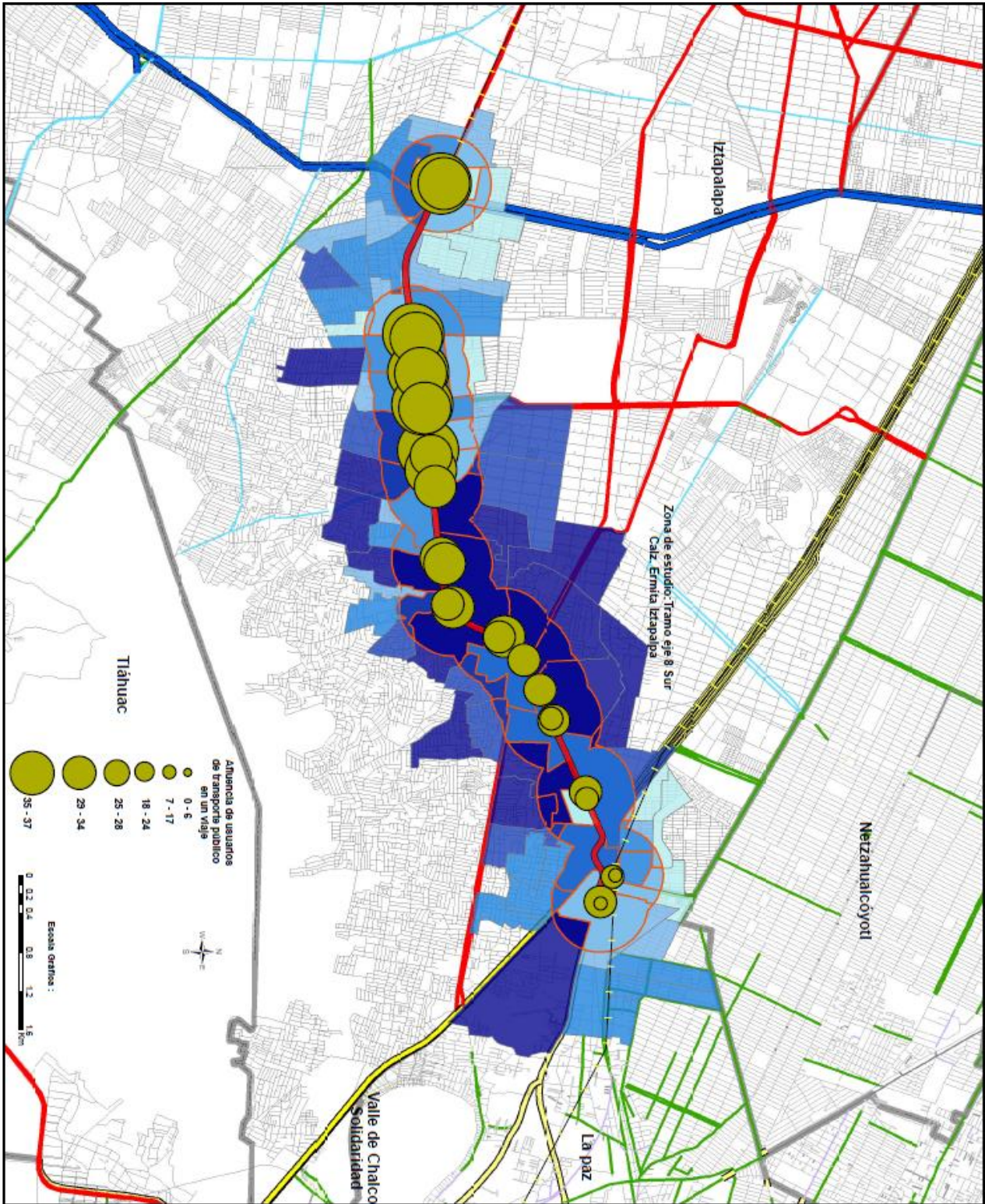
Por lo que los resultados del análisis es el siguiente:

- I. **DP = (Población por AGEB\*(0.53)\*(2.8)**, realizando el producto de cada uno de los elementos requeridos se tiene el resultado de la **DP** para el corredor como se observa a continuación.
  
- II. **DP = (209,360 personas)\*(2.8)\*(0.53) = 310,690 usuarios potenciales** de los posibles viajes en la zona de estudio.

La demanda requerida para implementar un **sistema de transporte masivo BRT** oscila de entre: **16,000 y 35,000 usuarios/hora/sentido**, por lo que el BRT una opción desde el punto de vista económico (costo – beneficio) de acuerdo a la demanda de viajes al día en el corredor que es de: **30,150 usuarios en HMD**.

Por último existen **310,690 usuarios potenciales posibles** para la zona de estudio, para una longitud del corredor aproximada de 9 km, desde el CETRAM Santa Martha al CETRAM Constitución de 1917.

A continuación se muestra en el mapa 4.2, los puntos de mayor afluencia de usuarios de transporte público y concesionado, donde realizan ascensos y descenso a lo largo de la Calz. Ermita Iztapalapa perteneciente a la zona de estudio de acuerdo a la DP.



**Mapa 4.2** Demanda potencial (DP) de la zona de estudio.

**Fuente:** Elaborado con un Sistema de Información Geográfica (SIG), en base a datos del INEGI 2010.

Para determinar si la demanda crece o decrece en los últimos años se recurren a datos del INEGI del Censo de Población y Vivienda 2010 y 2015, sobre el crecimiento poblacional de Iztapalapa con respecto a la Cd. de México, donde se observa la tendencia del crecimiento de la población. Ver tabla 4.9.

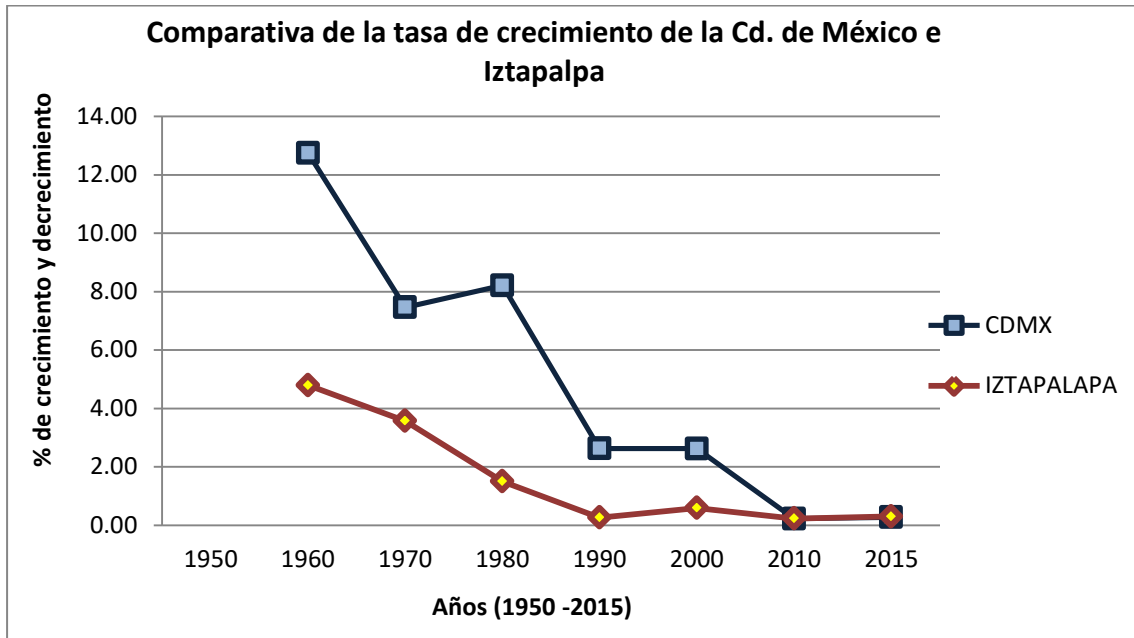
**Tabla 4.9** Población de Iztapalapa y la Cd. de México con su respectiva tasa de crecimiento.

| <b>Población de Iztapalapa y la Cd. de México y su tasa de crecimiento por década</b> |                   |                      |                        |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Año</b>                                                                            | <b>Iztapalapa</b> | <b>Cd. de México</b> | <b>T.C. Iztapalapa</b> | <b>T.C. Cd. de México</b> |
| <b>1950</b>                                                                           | 76,621            | 3,050,442            | -----                  | -----                     |
| <b>1960</b>                                                                           | 254,355           | 4,870,876            | 12.75                  | 4.79                      |
| <b>1970</b>                                                                           | 522,095           | 6,874,165            | 7.46                   | 3.57                      |
| <b>1980</b>                                                                           | 1,262,354         | 8,831,079            | 8.21                   | 1.5                       |
| <b>1990</b>                                                                           | 1,490,499         | 8,235,744            | 2.63                   | 0.26                      |
| <b>2000</b>                                                                           | 1,773,343         | 8,605,239            | 2.62                   | 0.59                      |
| <b>2010</b>                                                                           | 1,815,786         | 8,851,080            | 0.22                   | 0.23                      |
| <b>2015</b>                                                                           | 1,827,868         | 8,918,653            | 0.27                   | 0.3                       |

**Fuente:** Elaborada con datos del INEGI 2010 y la encuesta Intercensal 2015.

En la gráfica 4.4 se observa la tasa de crecimiento y su tendencia desde el año 1950 al año 2015 de acuerdo a datos censales de INEGI del año 2010 y 2015, se compara con la tasa de crecimiento poblacional de la Cd. de México y su tendencia para este caso de estudio. Para la década de 1980 se observa que la población decrece y va creciendo muy lentamente hasta el año de 2015.

**Gráfica 4.4** Tasa de crecimiento de Iztapalapa y la Cd. de México.



**Fuente:** Elaborada con datos del INEGI 2010 y la encuesta Intercensal 2015.

Por lo que esto puede ser determinante en la demanda del transporte ya que se tendría que modificar la oferta que se tenga en un horizonte de proyecto de 15 años de acuerdo a la demanda que se tenga en ese momento.

**Horizonte de proyecto a 15 años para garantizar la demanda de usuarios futura utilizando un modelo de crecimiento poblacional.**

Ahora bien, si se realiza una estimación de la población a futuro para 15 años con el siguiente modelo de crecimiento poblacional, para garantizar la demanda futura en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, la cual se estima con la ecuación (1) de la siguiente manera:

**Modelo de crecimiento poblacional.**

$$P_n = P_{nb} * t^d \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- $P_n$  = población del año horizonte.
- $P_b$  = población base.

- $t = \text{tasa de crecimiento} = 1 + (\text{Población al final del periodo} - \text{Población al inicio del periodo}) / (\text{Población Al inicio del periodo})$ .
- $d = (n - b) / (10)$ , es el número de décadas para extrapolar el crecimiento.

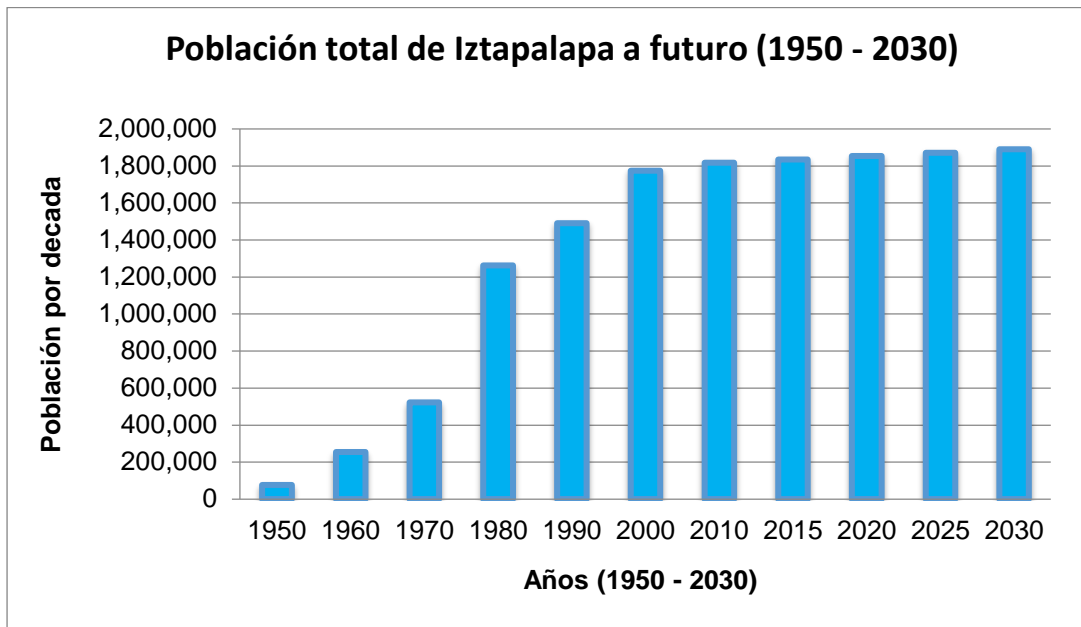
De (1), se tiene el siguiente análisis de proyección de la población futura.

|                       |                                    |                                                    |           |           |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|-----------|
| $P_{n1} = P_{2015} =$ | $P_b * t^d =$                      | $(P_{2010}) * (1 + 0.0023)^{((2015-2010)/(10))} =$ |           |           |
| $P_{n1} = P_{2015} =$ | $(1,815,786) * (1.0023)^{(0.5)} =$ | $(1,815,786) * (1.0011) =$                         | 1,817,873 | población |
| $P_{n2} = P_{2020} =$ | $P_b * t^d =$                      | $(P_{2010}) * (1 + 0.0023)^{((2020-2010)/(10))} =$ |           |           |
| $P_{n2} = P_{2020} =$ | $(1,815,786) * (1.0023)^{(1)} =$   | $(1,815,786) * (1.0023) =$                         | 1,819,962 | población |
| $P_{n3} = P_{2025} =$ | $P_b * t^d =$                      | $(P_{2010}) * (1 + 0.0023)^{((2025-2010)/(10))} =$ |           |           |
| $P_{n3} = P_{2025} =$ | $(1,815,786) * (1.0023)^{(1.5)} =$ | $(1,815,786) * (1.0035) =$                         | 1,822,054 | población |
| $P_{n4} = P_{2030} =$ | $P_b * t^d =$                      | $(P_{2010}) * (1 + 0.0023)^{((2030-2010)/(10))} =$ |           |           |
| $P_{n4} = P_{2030} =$ | $(1,815,786) * (1.0023)^{(2)} =$   | $(1,815,786) * (1.0046) =$                         | 1,824,148 | población |

Por lo que se observa que la población de la delegación Iztapalapa ha crecido muy lentamente desde el año 2000, para el año 2010 se tiene una población de 1, 815,786 habitantes y crece para el año 2015 de acuerdo a la encuesta Intercensal del mismo año es de 1, 827,868 habitantes, por lo que, el cálculo a futuro del crecimiento poblacional para un proyección a futuro de 15 años es de 1, 824,148 habitantes, esto quiere decir que en este lapso de tiempo la demanda decrece muy poco es decir, no afecta la propuesta de un sistema masivo de transporte en un periodo de 15 años, lo que se garantiza la demanda en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa

La tendencia de crecimiento se observa en la gráfica 4.5, desde la década de 1950 hasta el año 2030, por lo que se observa que la demanda poblacional se mantiene en crecimiento garantizando la demanda de viajes en transporte público de la zona de estudio.

**Gráfica 4.5** Población total de Iztapalapa, para una estimación a futuro de 15 años.



**Fuente:** Elaborado en base a datos del INEGI 2010 y la encuesta Intercensal 2015, de acuerdo al análisis de proyección a futuro a 15 años.

#### **4.7. Geometría del movimiento para un autobús articulado.**

Las características de los vehículos se agrupan de acuerdo a varias categorías según sean los criterios y requerimientos necesarios para implementar un vehículo en dicha vialidad, pueden variar de acuerdo a los usos y objetivos requeridos.

En general, para efectos de proyecto, se consideran dos tipos de vehículos, los vehículos ligeros o livianos y los vehículos pesados, clasificados estos en camiones y autobuses. Los vehículos que más transitan en la Cd. de México son vehículos de transporte particular, transporte público de pasajeros y transporte de carga a todas horas a lo largo del día. Los vehículos más comunes son vagonetas o combis, camiones y autobuses, los cuales son de gran importancia debido a sus dimensiones.

Para este proyecto la geometría del movimiento de un autobús articulado como es un BRT, que cumpla con las dimensiones necesarias al momento de entrar y salir de una curva, pues las dimensiones de los vehículos que circulan por una curva hacen necesarias unas características geométricas mínimas para el radio de giro y todas aquellas que determinan las implicaciones o sobre anchos necesarios en las curvas horizontales, tales como distancia

entre ejes extremos, ancho total de la huella, vuelos delanteros y traseros, es decir las dimensiones adecuadas para que el vehículo pueda moverse y maniobrar en las curvas del tramo a estudio.

Se propone un autobús Volvo 7300 articulado (Volvo Buses México, 2014), para el cual se determinará el PG, el cálculo de los radios de giro de las curvas, las características del vehículo de un autobús articulado se indican en la imagen 4.8 y 4.9, apegado a las normas de pesos y dimensiones de la Cd. de México. Ver imágenes 4.6 y 4.7.



**Imagen 4.6** Volvo 7300 articulado, vista lateral.

**Fuente:** Jorge A. Suárez. (2007) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.6]. Obtenida de: [http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-\\_Esp.pdf](http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-_Esp.pdf).

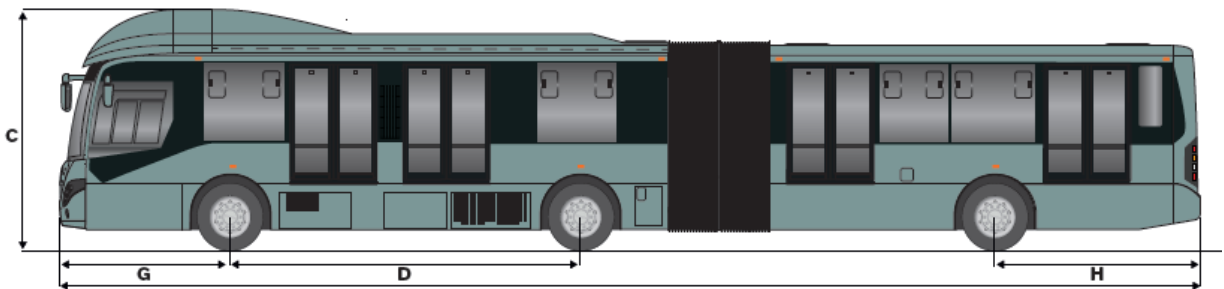


**Imagen 4.7** Volvo 7300 doblemente articulado, vista lateral.

**Fuente:** Jorge A. Suárez. (2007) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.7]. Obtenida de: [http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-\\_Esp.pdf](http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-_Esp.pdf).

#### 4.7.1. Dimensiones y capacidad del vehículo Volvo 7300 Articulado.

Los requerimientos en los vehículos que se desarrollan a continuación se refieren principalmente a los autobuses articulados utilizados en servicios urbanos regulares con paradas frecuentes en los que pueden ir pasajeros de pie y cuya capacidad es mayor a los 160 pasajeros (240 pasajeros para un autobús doblemente articulado). Sin embargo, los conceptos e ideas expuestos pueden ser aplicados a otro tipo de unidades de pasajeros, como se muestra en la imagen 4.8 y 4.9.

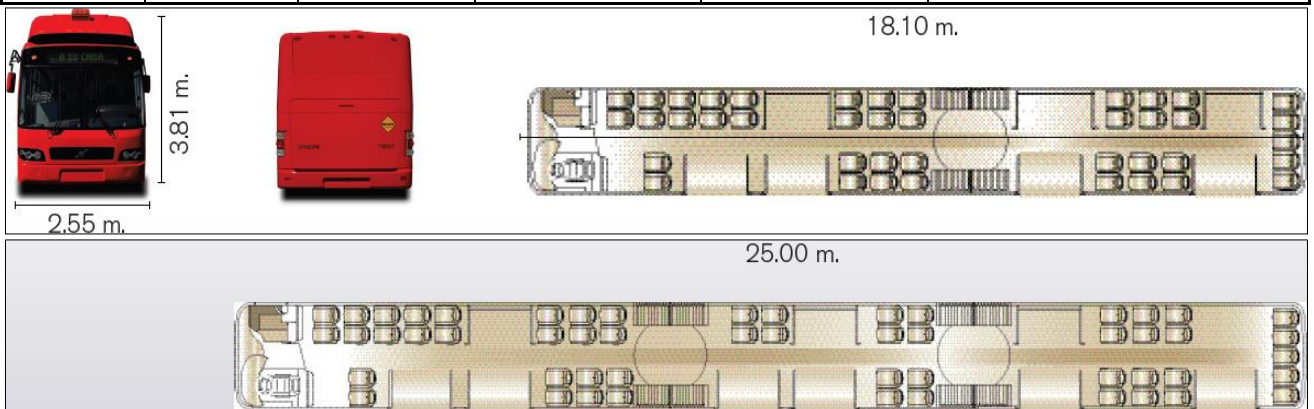


**Imagen 4.8** Volvo 7300 articulado EU5.

**Fuente:** Jorge A. Suárez. (2007) Volvo 7300 BRT EU5. [Imagen 4.8]. Obtenida de: <http://www.volvobuses.mx/content/dam/volvo/volvo-buses/markets/mexico/our-offering/documents/7300%20BRT.pdf>.

Características dimensionales de los vehículos:

| L= Largo:    | A = Ancho:  | C = Altura: | G = $V_d$ = Volado delantero: | H = $V_t$ = Volado trasero: | D = Distancia entre ejes                 |
|--------------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| 18.10 metros | 2.55 metros | 3.81 metros | 2.50 metros                   | 3.10 metros                 | 5.50 metros y 7.0 metros (ejes traseros) |



**Imagen 4.9** Dimensiones y capacidad del autobús Volvo 7300 articulado.

**Fuente:** Elaborado en base a la ficha técnica de Servnet México S.A de C.V. (2015) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.8]. Obtenida de: [http://beta.serv.net.mx/camionera\\_diesel/ficha\\_tecnica/\\_ficha\\_tecnica\\_33.pdf](http://beta.serv.net.mx/camionera_diesel/ficha_tecnica/_ficha_tecnica_33.pdf).

Características de capacidad de pasajeros de un autobús articulado:

- a) Pasajeros sentados: 41.
- b) Pasajeros de Pie: 119.
- c) 1 espacio para silla de ruedas.
- d) Total de pasajeros transportados: 160.

Características de capacidad de pasajeros de un autobús doblemente articulado:

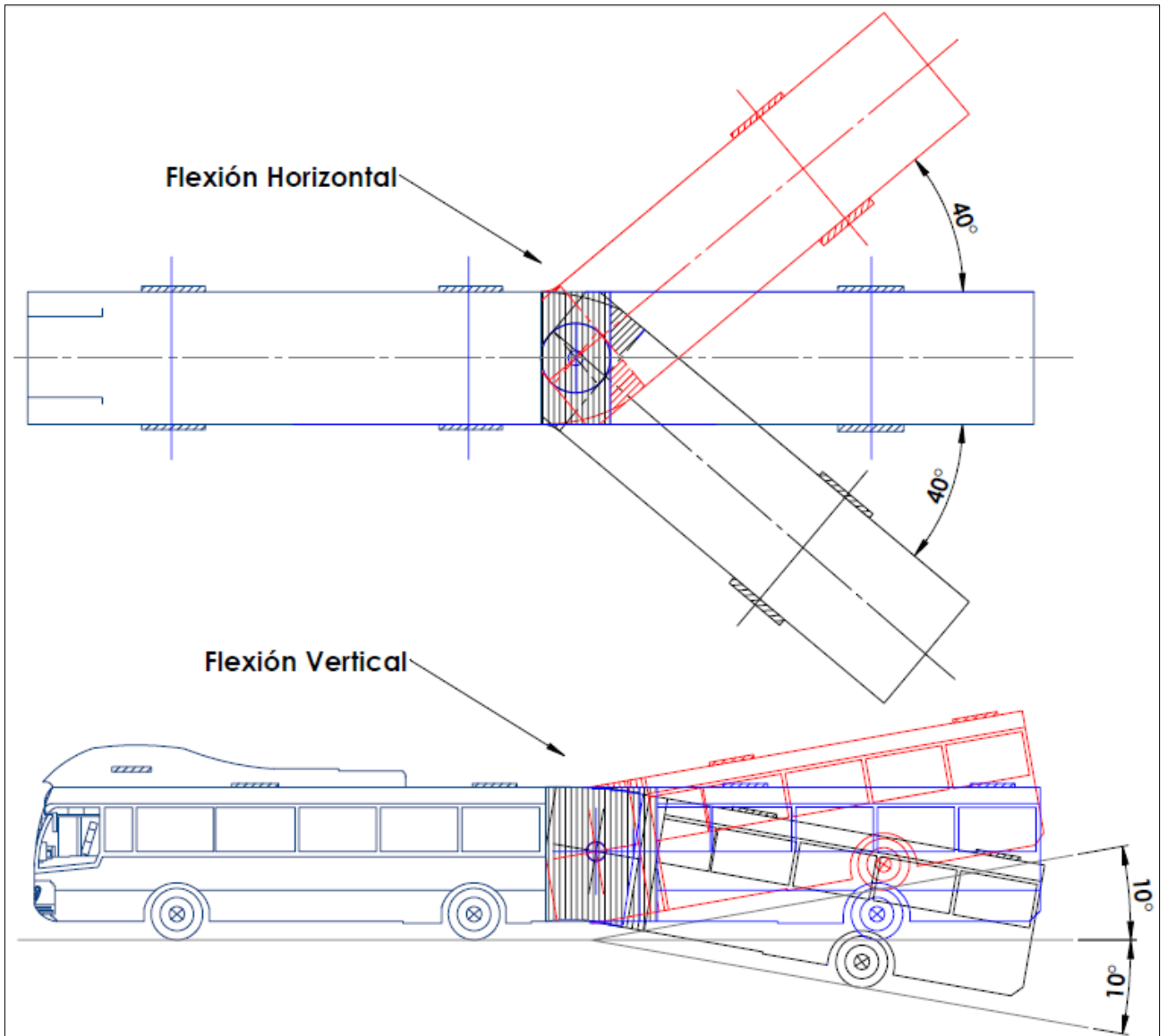
- e) Pasajeros sentados: 53.
- f) Pasajeros de Pie: 187.
- g) 1 espacio para silla de ruedas.
- h) Total de pasajeros transportados: 240.

El vehículo que se muestra la imagen 4.8 es considerado vehículo pesado, el cual cumple con las características y dimensiones para la propuesta en la zona a estudio, cumpliendo con radios de giro establecidos por las normas de Ingeniería de tránsito para la Ciudad de México.

Los vehículos con las mejores prestaciones para los sistemas BRT son los Volvo 7300 articulados y doblemente articulados, autobuses de mayor capacidad de pasajeros y más rentables del mercado mexicano en estos momentos, para este análisis se considera el autobús articulado, el estudio puede ser aplicable a otro tipo de vehículos aun de mayor longitud como lo es el autobús doblemente articulado de 25 metros de longitud sin mayor problema.

#### **4.7.2. Características de proyecto de un autobús articulado.**

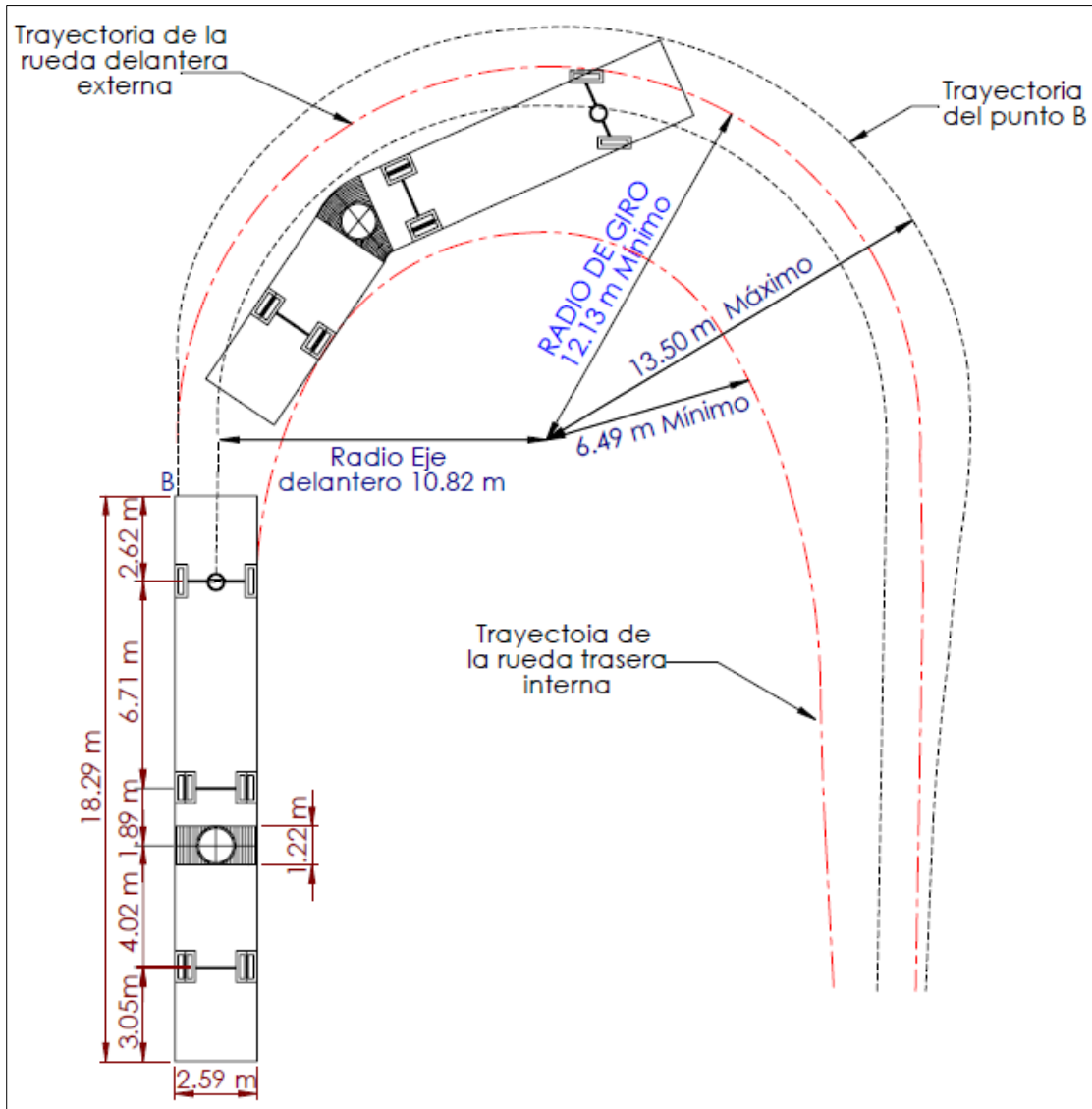
El autobús articulado propuesto presenta dos tipos de ángulos, el primero de flexión horizontal de 40 a 45 grados y solamente de 10 a 20 grados en la flexión vertical, como se muestra en la figura 4.1, dependiendo de las características requeridas en campo y las condiciones de infraestructura vial y de acuerdo a normas, leyes y reglamentos de la Secretaría de Movilidad (SEMOVI) aplicables a la Cd. de México.



**Figura 4.1** Flexión vertical y horizontal de un autobús articulado Volvo 7300.

**Fuente:** Elaborada en base a los diseños de Volvo autobuses de México y a lo citado por Ángel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Árellano. (1998). Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración. Cd. de México: Fundación ICA, A.C.

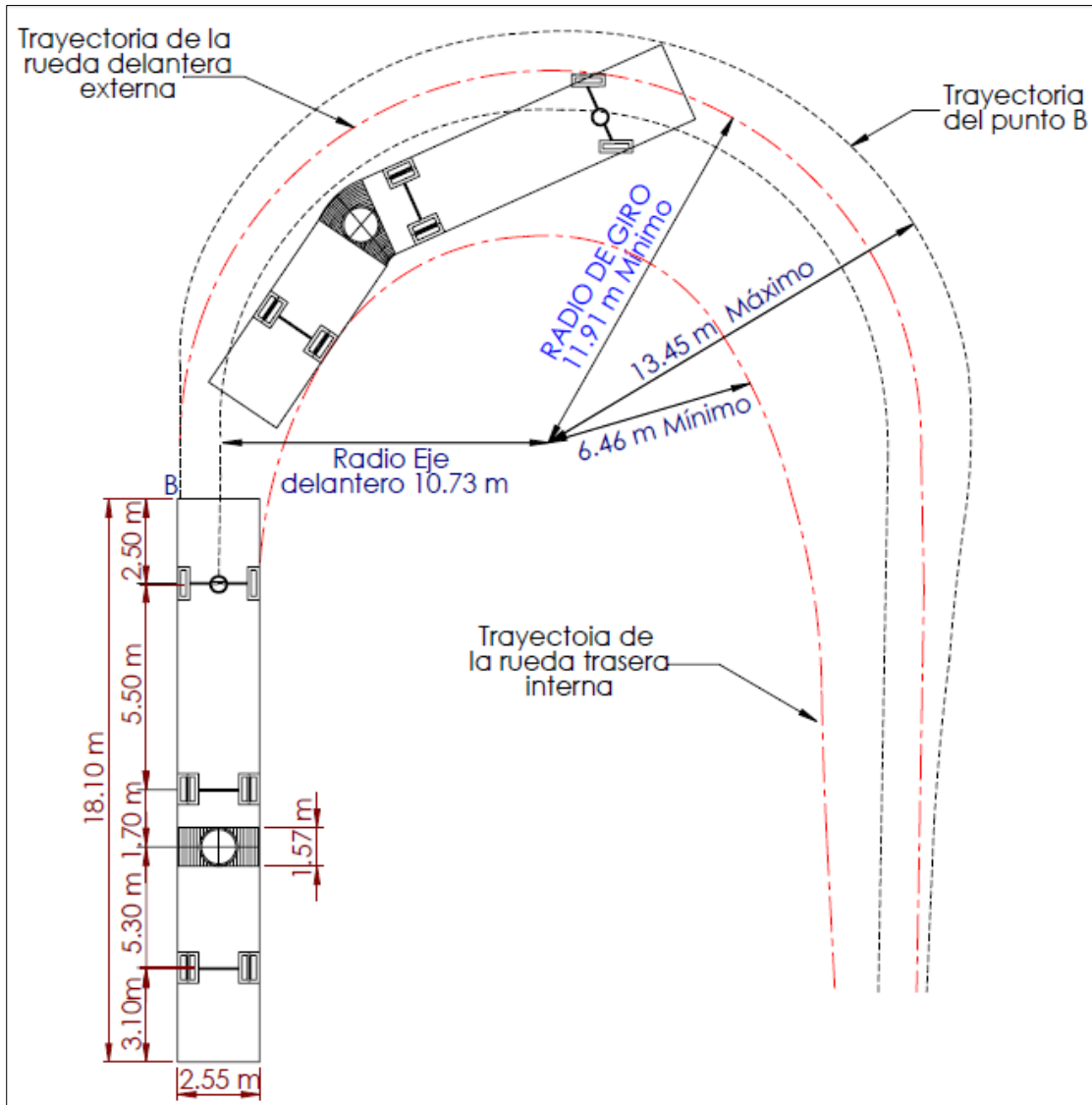
En la figura 4.2, se puede observar los valores de radios mínimos requeridos para el tránsito de un autobús articulado de acuerdo a la American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSTHO) del año 2004 y a su política de diseño geométrico de carreteras y vialidades, el cual es la base para el análisis correspondiente de los radios de giro mínimos, patrón de giro de un autobús, curvas críticas y las trayectorias de las ruedas en ángulos de giro de 45 grados. Asumiendo que el vehículo lleva una velocidad de giro menor o igual a 15km/hr al momento de realizar la maniobra en una curva.



**Figura 4.2** Características del vehículo de proyecto autobús articulado.

**Fuente:** American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSTHO). A Policy and Geometric Design of Highways and Street 2004.

En la figura.4.3 Se observa la trayectoria de las ruedas y los radios de giro mínimos y máximos correspondientes en una curva crítica para que el vehículo propuesto pueda girar sin mayor problema, de acuerdo a las normas de ingeniería de tránsito ((ASSTHO), 2004), los cuales son estándares de los Estados Unidos aplicables en México.



**Figura 4.3** Características y patrón de giro (PG) de un autobús Volvo 7300 articulado.

**Fuente:** Elaborado con base a los diseños de Volvo autobuses de México y a la American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSTHO). A Policy and Geometric Design of Highways and Street 2004.

### 4.7.3. Patrón de Giro (PG) de un autobús Volvo 7300 articulado.

En esta parte se muestran las características necesarias para el cálculo del patrón de Giro (PG) de acuerdo a las marcas de la rueda exterior (Ri) delantera y la trayectoria de la rueda interna (Re), anchura del vehículo (A), distancia entre ejes (DE) y volado delantero (Vd) del vehículo, que realiza un autobús articulado, las unidades en metros ( Ángel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Árellano, 1998). Ver tabla 4.10.

**Tabla 4.10** Características para el PG, de un autobús articulado Volvo 7300.

| Ri     | Re      | Vd     | A      | DE     | PG    |
|--------|---------|--------|--------|--------|-------|
| 6.46 m | 11.91 m | 2.58 m | 2.55 m | 5.21 m | 8.14m |

**Fuente:** Elaboración propia, con base en datos de Volvo Autobuses de México y a lo citado por Ángel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Árellano. (1998). Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración. Cd. de México: Fundación ICA, A.C.

Cálculo de la longitud de arco utilizando (2), requerida para el cálculo del PG.

$$\text{Longitud de arco} = d = \frac{(2) * (\pi) * (r)}{4} \dots\dots\dots (2)$$

$$d = \frac{(2) * (\pi) * (Re)}{4} = \frac{(2) * (\pi) * (12.05)}{4} = d = \mathbf{18.93 \text{ metros}}$$

Cálculo del PG de un autobús articulado Volvo 7300, se requiere realizar previamente el cálculo de (3) y después el cálculo del PG con (4).

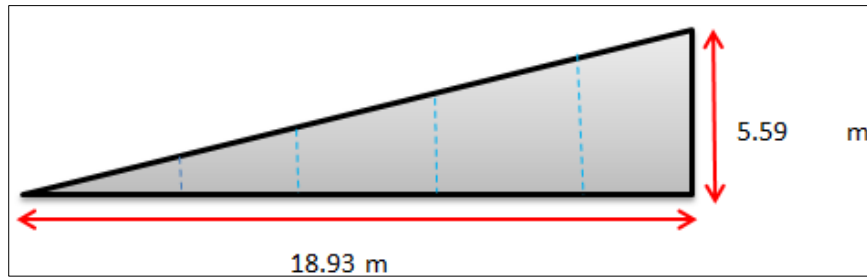
$$Ri = \sqrt{(Re)^2 - (DE + Vd)^2} - A \dots\dots\dots (3)$$

$$Ri = \sqrt{(12.05)^2 - (5.50 + 2.50)^2} - (2.55) = Ri = \mathbf{6.46 \text{ metros}}$$

$$PG = (Re)^2 - \sqrt{(Re)^2 - (DE + Vd)^2} + A \dots\dots\dots (4)$$

$$PG = (12.05)^2 - \sqrt{(12.05)^2 - (5.50 + 2.50)^2} + (2.55) = PG = \mathbf{8.14 \text{ metros}}$$

Al utilizar un triángulo rectángulo para visualizar la apertura del cuerno, considerando la diferencia de las longitudes  $A - PG = 2.55 - 8.14 = 5.59 \text{ metros}$  y la longitud de arco  $d$ , se tiene los siguientes resultados para calcular la apertura del cuerno. Ver imagen 4.10.



**Imagen 4.10** Triangulo para la apertura del cuerno, del autobús Volvo 7300 articulado.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a dimensiones del vehículo y fórmulas matemáticas.

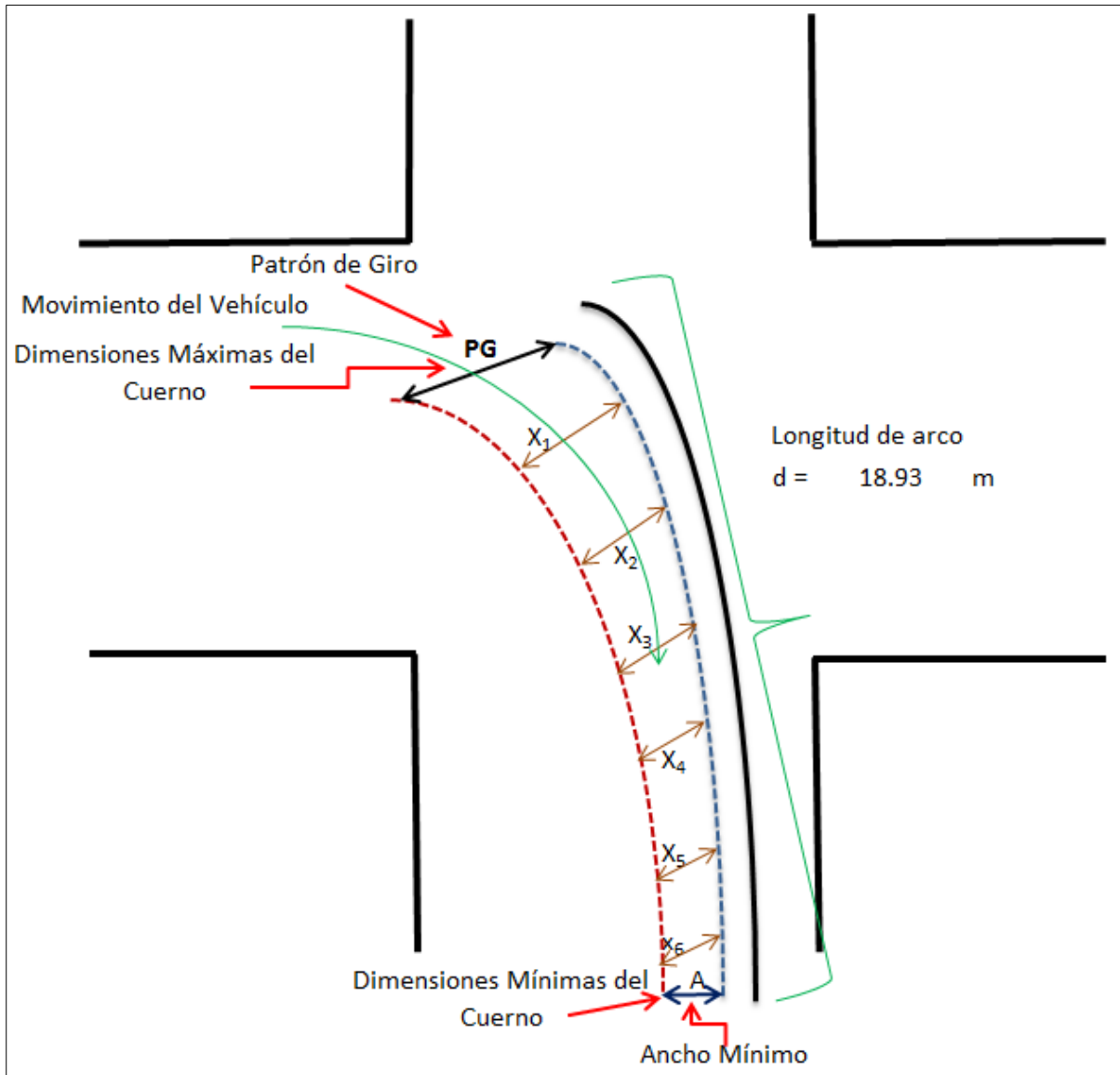
En la tabla 4.11 se observa la apertura del cuerno de acuerdo a las marcas de las ruedas (Trayectorias de la rueda trasera interna y rueda delantera externa) del vehículo, además de la longitud de arco requerida, se tienen los siguientes resultados para las variables “X”, que representan la apertura del cuerno que realiza un autobús articulado en una curva crítica.

**Tabla 4.11** Apertura del cuerno (x) y la longitud de arco.

| Longitud de Arco | Apertura del Cuerno |
|------------------|---------------------|
| 18.93 m          | $X_1 = 5.59$ m      |
| 16.71 m          | $X_2 = 4.93$ m      |
| 14.71 m          | $X_3 = 4.34$ m      |
| 12.71 m          | $X_4 = 3.75$ m      |
| 10.71 m          | $X_5 = 3.16$ m      |
| 8.71 m           | $X_6 = 2.57$ m      |

**Fuente:** Elaboración propia, en base a dimensiones del vehículo y cálculos de las dimensiones de un vehículo Volvo 7300 articulado.

En el diagrama de la figura 4.4 se muestra lo anteriormente descrito, además de las dimensiones máximas y mínimas del cuerno, ancho mínimo, movimiento del vehículo y longitud de arco, requeridas para que el vehículo pueda girar dentro de una curva tipo circular como es la zona de estudio.



**Figura 4.4** Trayectoria del patrón de giro (PG) de un autobús articulado.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a dimensiones del vehículo y fórmulas matemáticas.

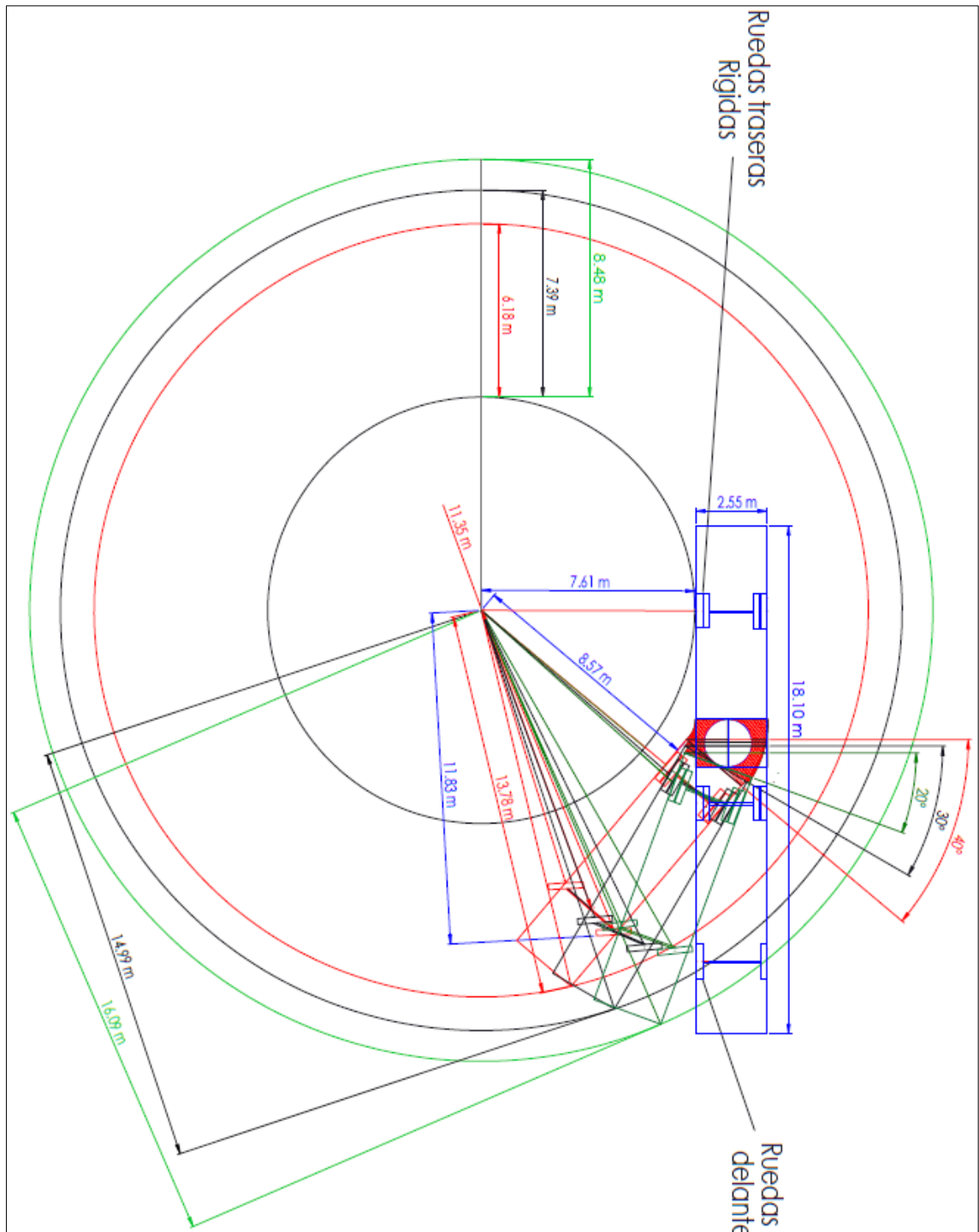
#### **4.8. Radio de Giro de un autobús articulado BRT.**

De acuerdo a los estudios de ingeniería en tránsito, se puede definir el radio de giro de un vehículo como la medición que permite describir la capacidad de dicho vehículo de girar, de ahí podemos entender que mientras menor sea el radio de giro mayor será la maniobrabilidad.

Existen dos tipos de radio, el primero es el radio de giro de las ruedas, el descrito por el radio formado por las ruedas del vehículo al girar, es el más utilizado en el diseño de calles y carreteras; el otro es el radio de giro de pared, el cual es más utilizado para diseños de parqueos pues describe el giro en función del ancho total del vehículo.

Para nuestro país el ancho de giro está regido por la norma de la AASHTO que otorga un radio de giro de diseño para vehículos utilitarios no menor a 7.0 metros y de 13.70 metros para vehículos de carga y para vehículos articulados tipo BRT de 13.80 metros, a velocidades inferiores a los 15 km/h, medidos ambos desde el centro del giro hasta las ruedas interiores al giro.

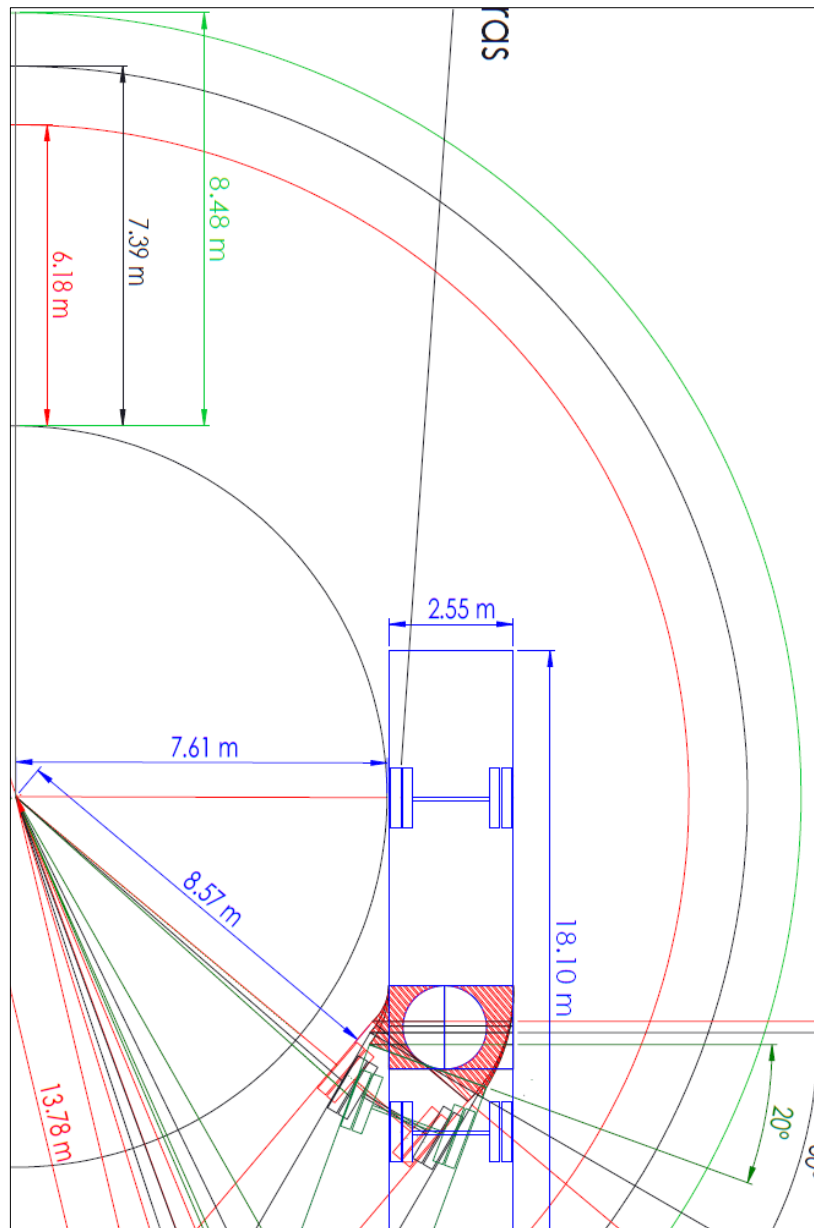
En la figura 4.5 se observa el vehículo propuesto el autobús Volvo 7300 Articulado, con tres ángulos para el radio de giro de: 20°, 30° y 40° (grados), para poder determinar el ancho mínimo requerido para poder maniobrar en una curva, además de las dimensiones del vehículo de acuerdo a la trayectoria de las ruedas en ángulos de 90°.



**Figura 4.5** Radios de giro de una curva circular, tomando como prototipo el vehículo Volvo 7300 articulado en distintos ángulos de apertura.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a dimensiones del vehículo Volvo 7300 articulado.

Al realizar un acercamiento de la figura 4.5, se observan a mejor detalle las dimensiones del vehículo y el ancho requerido, para que el vehículo pueda girar sin ningún problema manteniendo las ruedas traseras en un mismo patrón de movimiento al ir desplazándose el vehículo y girar las ruedas delanteras en un ángulo de  $45^\circ$  aproximadamente sobre la posición original, por lo que se tiene un radio de giro mínimo para los tres ángulos de 7.61 m y radios máximos de 13.78 m para un ángulo de  $40^\circ$ , de 14.99 m para un ángulo de  $30^\circ$  y de 16.09 m para un ángulo de  $20^\circ$ . Ver figura 4.6.

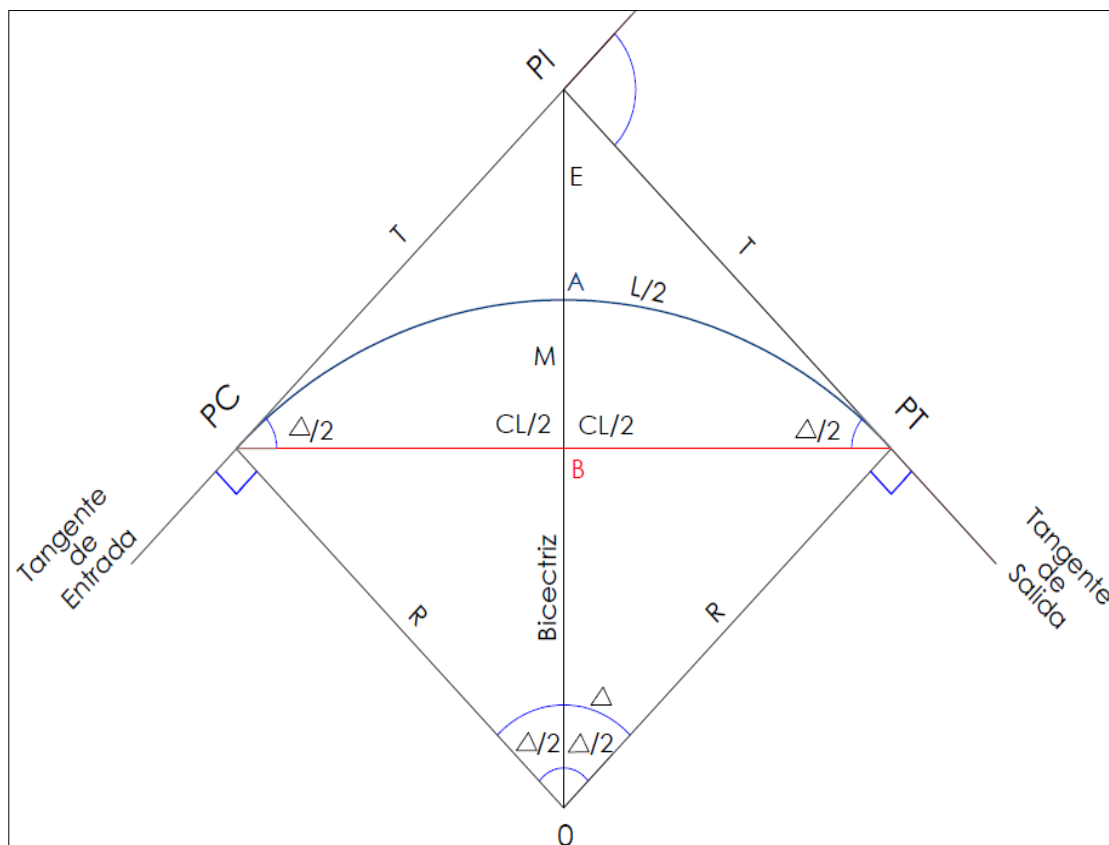


**Figura 4.6** Radios de giro de una curva circular, en distintos ángulos de apertura.

**Fuente:** Elaboración propia, en base a dimensiones del vehículo Volvo 7300 articulado.

Los giros que se realizan a velocidades no mayores a los 15 km/h, se consideran como giros a baja velocidad. Este escenario se presenta principalmente en intersecciones agudas donde el radio de giro de las curvas es controlado por las huellas de giro mínimas de los vehículos; mientras que, los giros a velocidades mayores son aquellos que se efectúan a velocidades cercanas al 70% de la velocidad de diseño de una vía, estas condiciones se presenta en curvas a campo abierto, donde el radio es controlado por el peralte y la fricción lateral entre las llantas y la superficie de rodamiento. Para determinar que el vehículo propuesto puede girar dentro de las curvas de la zona a estudio sin problemas de acuerdo al diseño geométrico y trazo urbano, se realiza el cálculo de elementos geométricos de una curva circular y determinar los radios de giro óptimos para el vehículo volvo 7300 articulado, sustentando el patrón de giro de la figura 4.3 y el análisis de la tabla 4.10.

#### 4.9. Elementos Geométricos de una Curva Circular.



**Figura 4.7** Elementos geométricos para el grado de curvatura de una curva circular para el diseño de carreteras.

**Fuente:** Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT). Manual de Proyectos Geométrico de Carreteras. Primera Edición, Cuarta reimpresión, México, 1991.

Donde:

1. **PI** = Punto de intersección de las tangentes o vértices de la curva.
2. **PC**=Principio de la Curva. Punto donde termina la tangente de entrada e inicia la curva.
3. **PT**= Principio de tangente. Termina la curva e inicia tangente de salida.
4. **O**= Centro de la curva.
5. **Δ**=Ángulo de deflexión de las tangentes.
6. **R**=Radio de la curva.
7. **T**=Tangente o subtangente. Distancia desde PC a PI y PI a PT.
8. **L**=Longitud de la curva C a lo largo del arco distancia PC a PT.
9. **CL**= Cuerda larga. Distancia en la línea recta PC a PT.
10. **E**= Externa. Distancia PI al punto medio d la curva A.
11. **M**= Ordenada media. Distancia desde el punto medio de la curva "A" al punto medio de la cuerda larga "B".

Para determinar si el vehículo propuesto es indicado para girar en la curvas sin problema de acuerdo a sus dimensiones, se necesita realizar el cálculo del radio de curvatura en este caso de curvas circulares, con la ecuación (5) que se muestra a continuación en la zona de estudio. Ver figura 4.7.

$$R = \frac{C^2}{8S} + \frac{S}{2} = \frac{CL^2}{8M} + \frac{M}{2} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

- **R** = Radio de una curva circular.
- **CL** = Cuerda Larga, distancia entre la línea PC a PT.
- **M** = Ordenada media. Distancia desde el punto medio de la curva "A" al punto medio de la cuerda Larga "B".
- **8, 2** = Constantes necesarias para determinar el radio.

Se analizaron las 31 curvas denominadas críticas, donde el vehículo propuesto tipo BRT pudiera tener algún problema para maniobrar en dichas curvas y/o para ingresar y salir de los CETRAM a estudio.

**Tramo 1:** CETRAM Constitución de 1917, curvas críticas.

Se comienza con el análisis para las curvas críticas del CETRAM Constitución de 1917 y tramos aledaños a la zona de estudio. Ver imagen 4.11.



**Imagen 4.11** Radios de giro en la zona de estudio del CETRAM Constitución de 1917, del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.11]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Tomando en cuenta las recomendaciones de la Ingeniería de Tránsito en base al diseño geométrico de carreteras (Angel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez), por normas aplicables en México ((ASSTHO), 2004) y Manuales de proyectos geométricos de carreteras (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991).

Las curvas circulares del CETRAM Constitución de 1917, clasificadas de la siguiente manera: en curvas externas e internas. Utilizando la ecuación (5) para el cálculo del radio de una curva circular se tienen los siguientes resultados de acuerdo a las dimensiones y características de cada curva crítica.



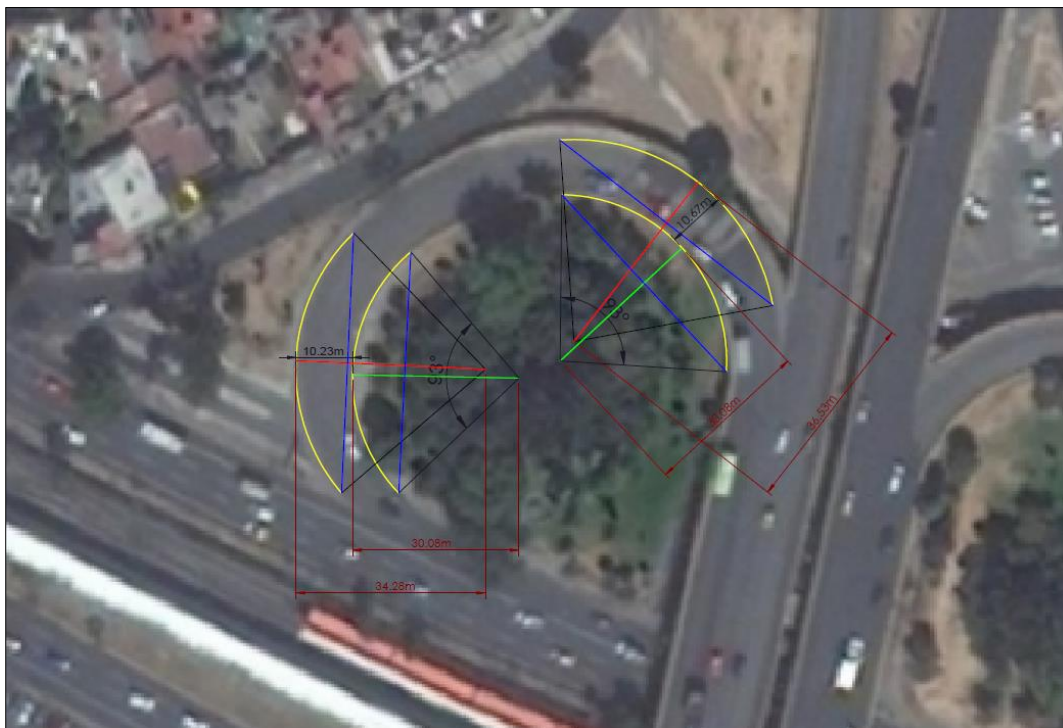
**Tabla 4.12** Cálculo de los radios de giro de la zona 1-A, y sus distancias asociadas.

|                               |         |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Distancia entre curvas 9.38 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| <b>Curva 1</b> externa        | 26.3372 | 3.6246  | 25.7338 |
| <b>Curva 2</b> interna        | 20.0381 | 3.0132  | 18.1635 |
| Distancia entre curvas 7.81 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| <b>Curva 3</b> interna        | 34.3867 | 7.3961  | 23.6823 |
| <b>Curva 4</b> externa        | 27.8768 | 13.9428 | 13.9384 |
| Distancia entre curvas 8.23 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| <b>Curva 5</b> interna        | 25.0717 | 25.0717 | 21.2717 |
| <b>Curva 6</b> externa        | 16.4501 | 16.4501 | 10.5849 |
| Distancia entre curvas 8.01 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| <b>Curva 7</b> interna        | 26.1212 | 5.0868  | 19.3103 |
| <b>Curva 8</b> externa        | 16.3842 | 3.4501  | 11.4509 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 2 - A:** Conformada por 4 curvas críticas.

En la imagen 4.13 se observa un tramo del puente vehicular del trébol que conecta Periférico Oriente y el eje 8 sur Calz. Ermita, donde existen cuatro curvas críticas con radios de longitud de entre **30.07 m** y **30.53 m**, las curvas no representa un problema para que un autobús articulado pueda maniobrar y realizar su movimiento.



**Imagen 4.13** Radios de giro de la zona 2-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.13]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Recordando que cabe la posibilidad **que se no utilice el puente del trébol, aunque si es necesario realizar ciertas adecuaciones de infraestructura vial para implementar el sistema BRT en la zona de estudio, como en todo proyecto en materia de transporte.** Para tener un mejor detalle de las dimensiones de cada curva ver tabla 4.13.

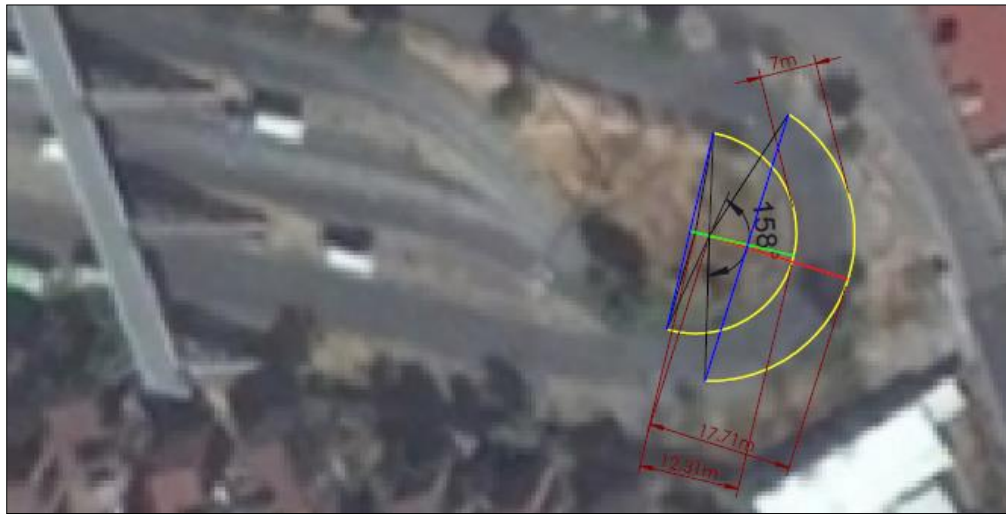
**Tabla 4.13** Cálculo de los radios de giro de la zona 2-A, y sus distancias asociadas.

| Distancia entre curvas 10.67 m | CL (m)  | M (m)  | R (m)   |
|--------------------------------|---------|--------|---------|
| Curva 7 interna                | 48.7817 | 9.3343 | 36.5342 |
| Curva 8 externa                | 43.6762 | 9.3962 | 30.0755 |
| Distancia entre curvas 10.23 m | CL (m)  | M (m)  | R (m)   |
| Curva 7 interna                | 47.1072 | 9.3676 | 34.2950 |
| Curva 8 externa                | 43.6762 | 9.3942 | 30.0799 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 3 - A:** Conformada por 2 curvas críticas.

En la imagen 4.14 se muestra otro tramo del CETRAM, donde se localiza otras dos curvas críticas con longitudes de radio de **12.31 m** y **17.70 m**, en que el autobús articulado pudiera presentar problemas en el radio de giro mínimo que es de **7.00m**, si fuese el caso que existieran problemas de acceso y salida del vehículo, en el CETRAM se deben realizar cambios para poder almacenar vehículos articulados en su interior, en el análisis para esta curva, en este punto si cumple con las dimensiones mínimas.



**Imagen 4.14** Radios de giro de la zona 3-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.14]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

En la tabla 4.14, se muestra que la distancia entre las curvas tiene una longitud de **7.00 m**, por lo tanto sí cumple con el radio mínimo para la maniobra de giro del vehículo sin ningún problema dentro del CETRAM.

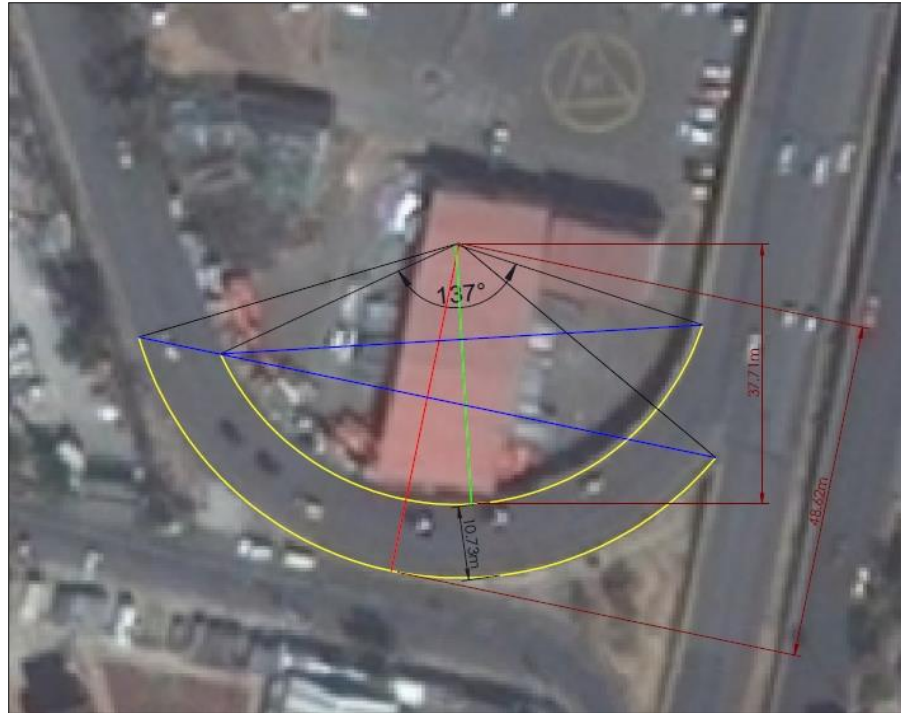
**Tabla 4.14** Cálculo de los radios de giro de la zona 3-A, y sus distancias asociadas.

| Distancia entre curvas 7.00 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Curva 7 interna               | 34.1039 | 12.9296 | 17.7091 |
| Curva 8 externa               | 24.5902 | 12.9695 | 12.3126 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 4 - A:** Conformada por 2 curvas críticas.

En la imagen 4.15 se muestra dos curvas principales debido a que son las que utilizan la mayoría de los modos de transporte público y concesionado para acceder al CETRAM, utilizando el puente en forma de trébol que conecta Periférico Oriente y el eje 8 sur (CEI), las curvas en ese punto tienen longitudes de radio de **37.71 m** y **48.61 m**.



**Imagen 4.15** Radios de giro de la zona 4-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.15]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Las curvas si **cumplen con los criterios mínimos establecidos de radio de giro de 7.00 m, el vehículo articulado no tiene mayor problema para acceder al CETRAM en ese punto de vital importancia**, con una distancia entre curvas de 10.73 m. Ver tabla 4.15.

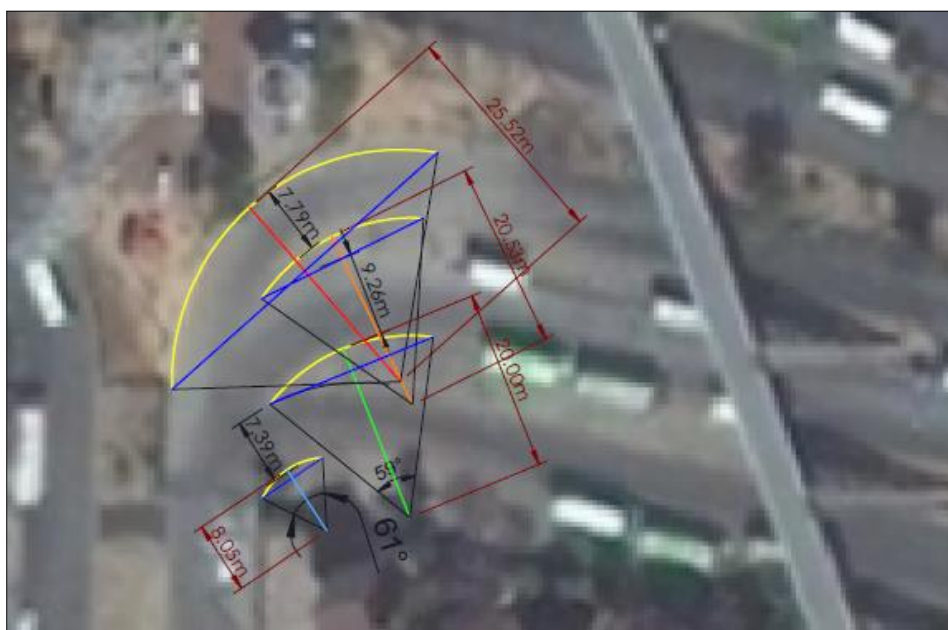
**Tabla 4.15** Cálculo de radios de giro de la zona 4-A, y sus distancias asociadas.

| Distancia entre curvas 10.73 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Curva 7 interna                | 85.7931 | 25.7337 | 48.6199 |
| Curva 8 externa                | 70.2209 | 23.9459 | 37.7131 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 5 - A:** Conformada por 4 curvas críticas.

En la imagen 4.16, se puede ver las características de otras cuatro curvas críticas dentro del CETRAM, dado que los radios cuentan con una longitud van desde los **8.05 m** y **25.53 m**, y una distancia entre curvas de **7.79 m** y **9.26 m**, **las curvas cumplen con los criterios mínimos establecidos.**



**Imagen 4.16** Radios de giro de la zona 5-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.16]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Para mayor detalle de las características de cada curva y sus distancias entre ellas ver la tabla 4.16.

**Tabla 4.16** Cálculo de radios de giro de la zona 5-A, y sus distancias asociadas.

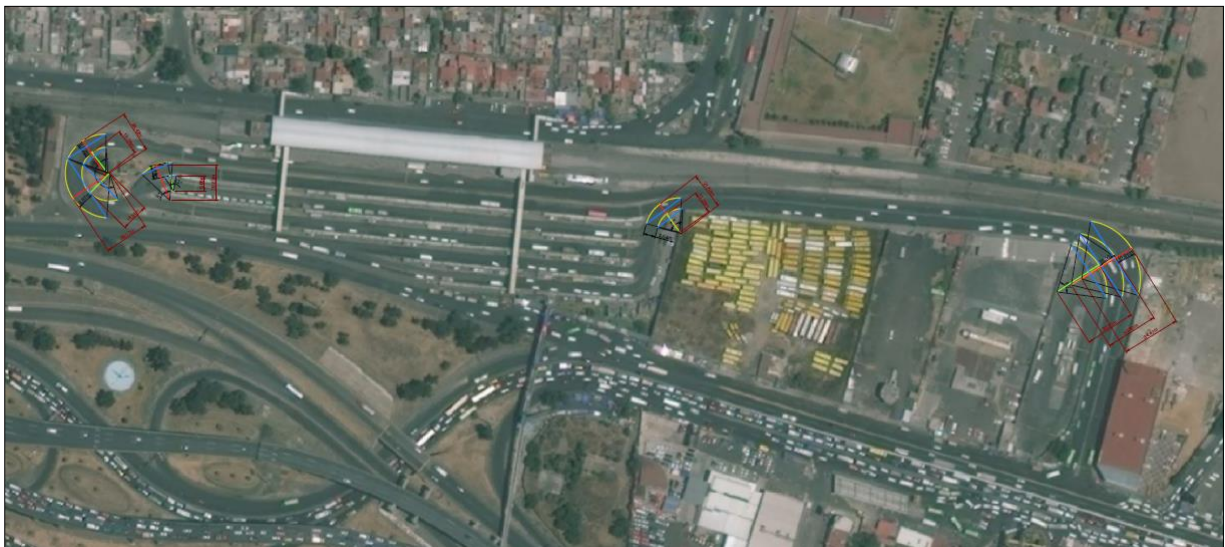
| Distancia entre curvas 9.26 m | CL (m)  | M (m)  | R (m)   |
|-------------------------------|---------|--------|---------|
| Curva 7 interna               | 20.1608 | 2.6446 | 20.5340 |
| Curva 8 externa               | 19.6998 | 2.5937 | 20.0000 |
| Distancia entre curvas 7.79 m | CL (m)  | M (m)  | R (m)   |
| Curva 7 interna               | 39.4631 | 9.3345 | 25.5218 |
| Curva 8 externa               | 8.1209  | 1.0989 | 8.0512  |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Tramo 2:** CETRAM Santa Martha, curvas críticas.

Se observa que el radio mínimo de giro propuesto por los fundamentos y aplicación de la Ingeniería de Tránsito (Rafale Cal y Mayor R. y James Cárdenas G., 2007) es de **7.00 m** como máximo **13.80 m** para autobuses articulados tipo BRT, los radios de giro si cumplen con las normas establecidas para las curvas críticas, tomando en cuenta la distancia entre las mismas curvas y que las curvas de cada zona sus radios son mayores que los mínimos y máximos requeridos, como se muestra en el siguiente analisis.

En la imagen 4.17 se observan las curvas del CETRAM Santa Martha, el cual consta de 11 curvas críticas clasificadas en internas y externas que conforman los radios de giro para que el vehículo propuesto pueda ingresar y salir sin problemas del CETRAM.



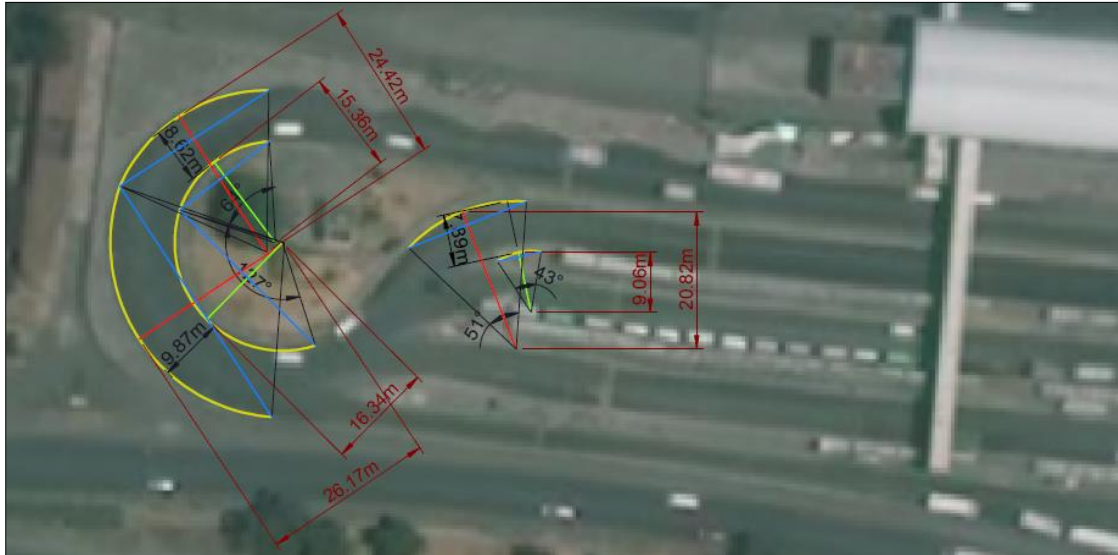
**Imagen 4.17** Radios de giro en la zona de estudio, del CETRAM Santa Martha y la carretera Federal México - Puebla.

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.17]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Las curvas circulares del CETRAM Santa Martha clasificadas en curvas externas e internas. Con la formula (5) utilizada para el cálculo del radio de una curva circular se tienen los siguientes resultados de acuerdo a las dimensiones y características de cada curva crítica.

**Zona 1 - B:** Conformada por 6 curvas críticas.

En la imagen 4.18, se observan seis curvas circulares localizadas en un extremo del CETRAM, con longitudes de radios que van desde 9.36 m y 29.39 m, las curvas cumplen con las normas establecidas para que el vehículo pueda maniobrar sin ningún problema.



**Imagen 4.18** Radios de giro de la zona 1-B, CETRAM Santa Martha.

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.18]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Las distancias entre dichas curvas con sus características y dimensiones correspondientes se muestran en la tabla 4.17.

**Tabla 4.17** Cálculo de radios de giro de la zona 1-B, y sus distancias asociadas.

|                               |         |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| Distancia entre curvas 8.62 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| Curva 1 interna               | 26.8392 | 4.0178  | 24.4199 |
| Curva 2 externa               | 17.1051 | 2.6018  | 15.3577 |
| Distancia entre curvas 9.87 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| Curva 1 interna               | 41.6140 | 10.2916 | 26.1790 |
| Curva 2 externa               | 28.9058 | 8.7084  | 16.3476 |
| Distancia entre curvas 7.89 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| Curva 1 interna               | 18.4724 | 2.1604  | 20.8236 |
| Curva 2 externa               | 6.6978  | 0.6429  | 9.0437  |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 2 - B:** Conformada por 2 curvas críticas.

En la figura 4.18 se muestran dos curvas circulares en otro punto del CETRAM Santa Martha, el punto es de acceso al CETRAM, como se muestra en la imagen, **los radios tiene una longitud de entre 13.29 m y 21.66 m, para acceder al CENTRAM en este punto no representa mayor problema para que el vehículo realice su maniobra.**



**Imagen 4.19** Radios de giro de la zona 2-B, en un tramo de acceso al CETRAM Santa Martha.

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.19]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Para más detalle de las características y dimensiones de las curvas en este tramo ver tabla 4.18.

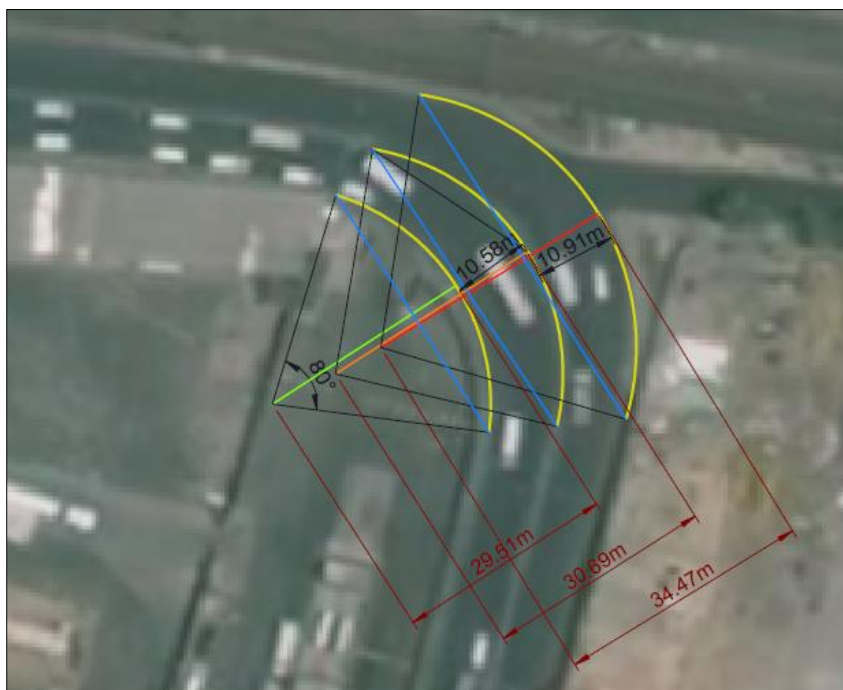
**Tabla 4.18** Cálculo de radios de giro de la zona 2-B, y sus distancias asociadas.

| Distancia entre curvas 7.04 m | CL (m)  | M (m)  | R (m)   |
|-------------------------------|---------|--------|---------|
| Curva 1 interna               | 26.5765 | 4.5540 | 21.6641 |
| Curva 2 externa               | 17.2138 | 3.1614 | 13.2968 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

**Zona 3 - B:** Conformada por 3 curvas críticas.

En la imagen 4.19, se muestran las últimas tres curvas analizadas, en otro punto del CETRAM, que forman parte de cuatro carriles como se observa, **con radios de longitudes de entre 29.50 m y 30.87 m, por lo que la zona cumple con el radio mínimo requerido.**



**Imagen 4.20** Radios de giro de la zona 3-B, curva para ingresar al CETRAM Santa Martha.

**Fuente:** Imagen base. Bing Maps.(2015).Ubicación del CETRAM Santa Marta. [Imagen 4.20]. Obtenido de: <https://www.bing.com/mapspreview>.

Para mayor claridad de las características, dimensiones y distancias entre cada una de las curvas ver tabla 4.19.

**Tabla 4.19** Cálculo de radios de giro de la zona 3-B, y sus distancias asociadas.

| Distancia entre curvas 10.58 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Curva 1 interna                | 43.7471 | 9.7008  | 29.5109 |
| Curva 2 externa                | 38.9765 | 6.9808  | 30.6930 |
| Distancia entre curvas 10.91 m | CL (m)  | M (m)   | R (m)   |
| Curva 1 interna                | 51.8685 | 11.7613 | 34.4738 |

**Fuente:** Elaborado en base a los radios de giro de las curvas circulares de la zona de estudio.

El diseño actual de la infraestructura vial en las curvas críticas si cumplen con las características de **diseño geométrico de Ingeniería de Tránsito como son: las dimensiones del vehículo propuesto, el PG, radios de giro de las curvas y la geometría de la zona de estudio se encuentran dentro de los parámetros mínimos aceptables para la geometría del movimiento de un autobús Volvo 7300 articulado, de acuerdo a normas regidas por la ASSHTO y SCT en la Cd. de México.**

## CAPITULO 5

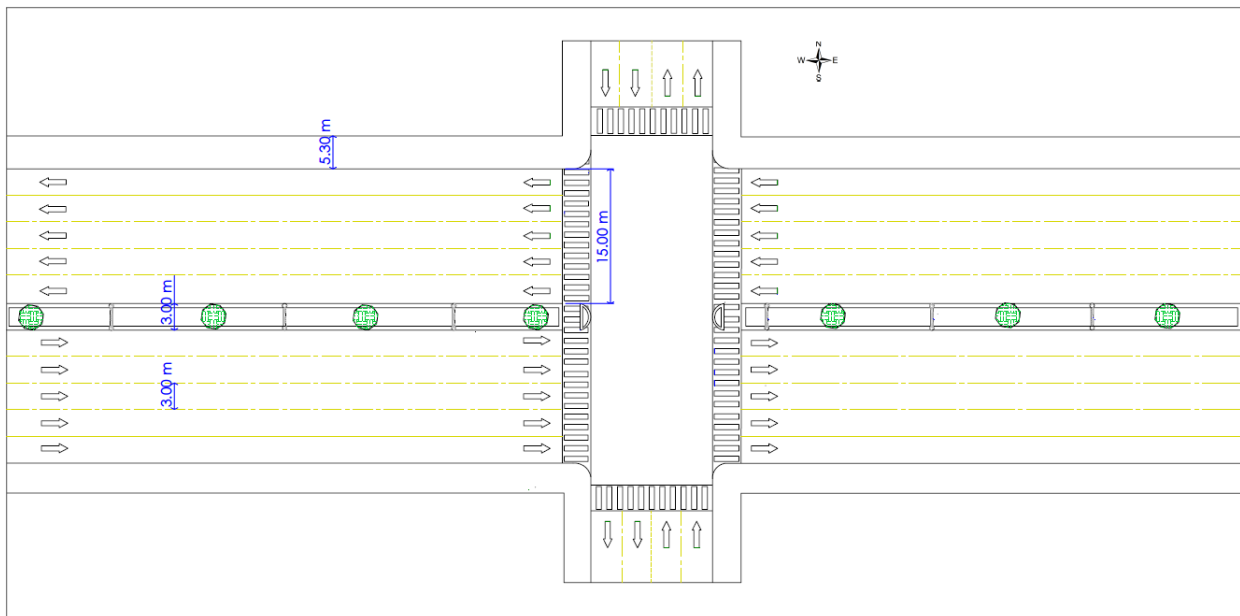
# IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE UN SISTEMA BRT.

### 5.1. Diseño de la propuesta de un sistema BRT a implementar.

Para el diseño de la propuesta de un sistema masivo de transporte tipo BRT, se consideran los siguientes planos con vista de planta y perfil, con características de ancho de carril, ancho de banqueta, camellones y señalización horizontal de acuerdo a las dimensiones de la Calz. Ermita Iztapalapa de la zona de estudio.

**Tramo uno.** Compuesto por cinco carriles por sentido, camellón central, con áreas verdes, banquetas, señalización horizontal, y sus dimensiones en metros. Ver la imagen 5.1.

**Imagen 5.1** Tramo uno: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

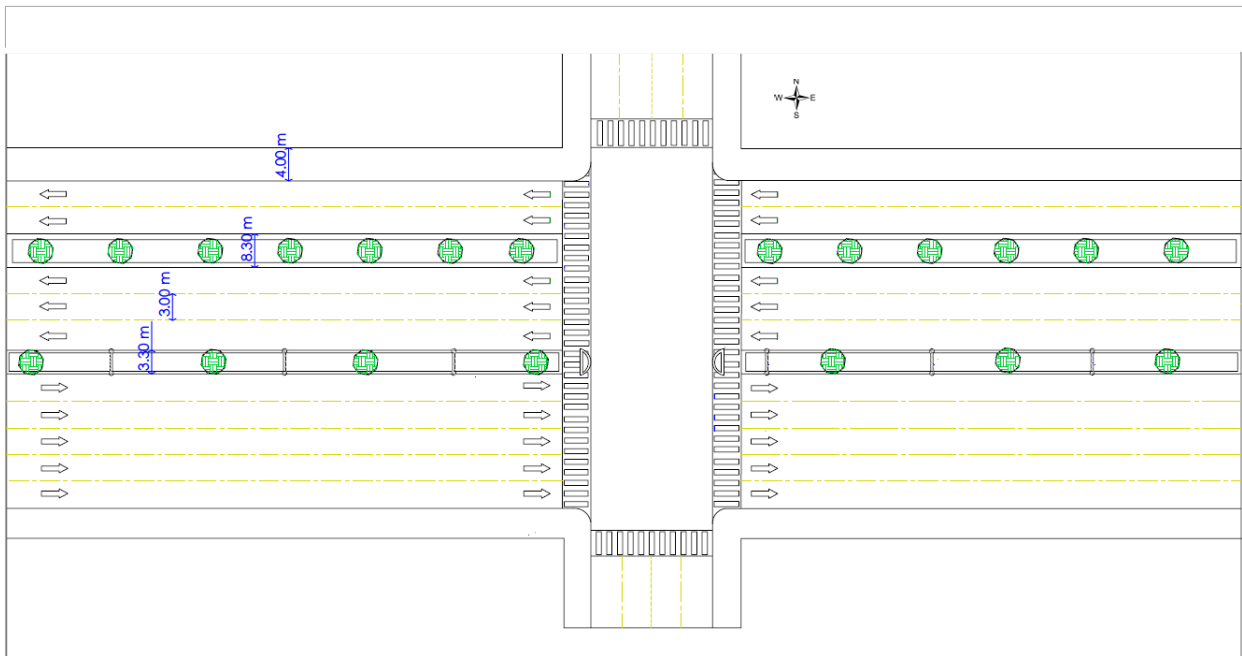


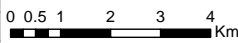
|                |                                                                       |                        |  |  |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|--|--|
| <b>Título:</b> | Tamaño actual en el corredor a estudio, eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) | <b>Escala Grafica:</b> |  |  |
| <b>Escala:</b> | 1:30,000                                                              |                        |  |  |
| <b>Autor:</b>  | Juan Fernando Vargas Gaspar                                           |                        |  |  |
| <b>Fecha:</b>  | /14/04/2016                                                           |                        |  |  |

**Fuente:** Plano uno, elaborado en SolidWorks 2014, vista de planta.

**Tramo dos.** Compuesto por cinco carriles por sentido y dos camellones al centro de la calzada uno de ellos a nivel de banqueteta y otro elevado (funge como muro de contención) con áreas verdes como se muestra en la imagen 5.2, tiene una configuración distinta a la del tramo uno, de manera similar se muestran las banquetetas, áreas verdes, carriles, señalización horizontal con sus respectivas dimensiones en metros.

**Imagen 5.2** Tramo dos: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).

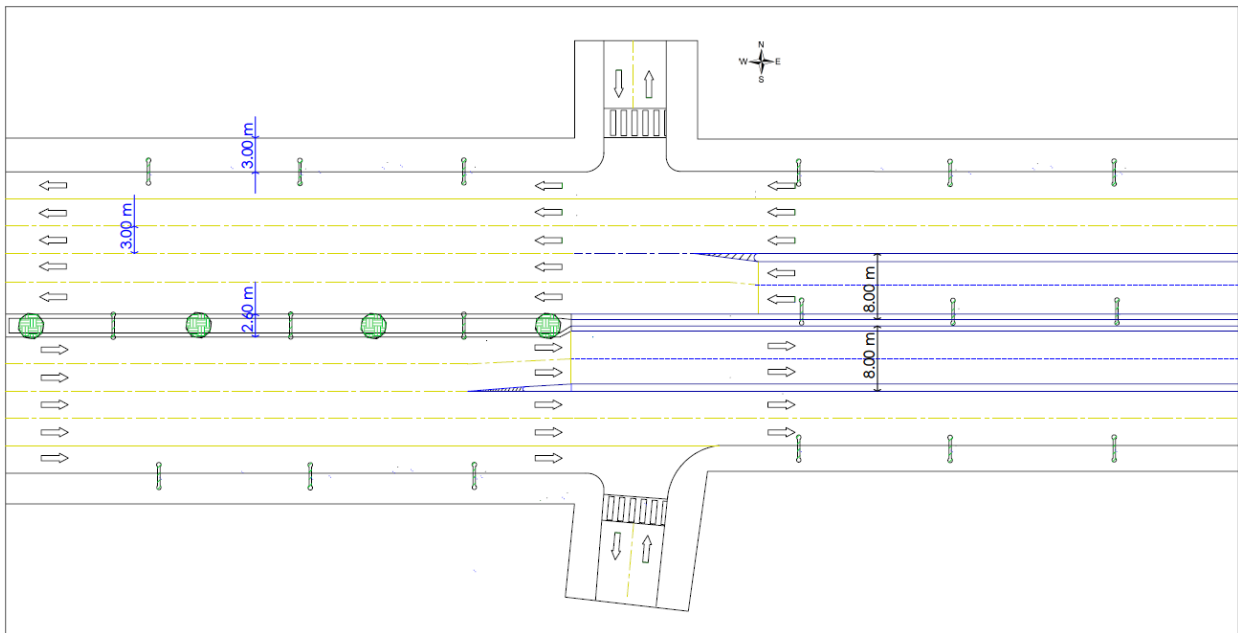


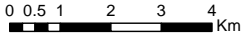
|                |                                                                         |                        |                                                                                                                                                                                      |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b> | Tamaño.2 actual en el corredor a estudio, eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) | <b>Escala Grafica:</b> | <br><b>UACM</b><br>Universidad Autónoma de la Ciudad de México<br><i>Nada humano me es ajeno</i> |
| <b>Escala:</b> | 1:30,000                                                                |                        |                                                                                                                                                                                      |
| <b>Autor:</b>  | Juan Fernando Vargas Gaspar                                             |                        |                                                                                                                                                                                      |
| <b>Fecha:</b>  | /16/04/2016                                                             |                        |                                                                                                                                                                                      |

**Fuente:** Plano dos, elaborado en SolidWorks 2014, vista de planta.

**Tramo tres.** Compuesto por 5 carriles y un camellón central a nivel, además que disminuyen los carriles a causa de los accesos y salidas al puente vehicular, llamado la concordia, que divide los límites de la ciudad de México y el Estado de México y es parte de la zona de estudio, también se observan áreas verdes en los camellón, carriles, banquetas y señalización horizontal a lo largo del tramo que divide el acceso y salida del puente vehicular, con sus respectivas dimensiones en metros. Ver imagen 5.3.

**Imagen 5.3** Tramo tres: Vialidad actual en el puente de la concordia, que divide la Cd. de México y el Edo. México de la zona de estudio.

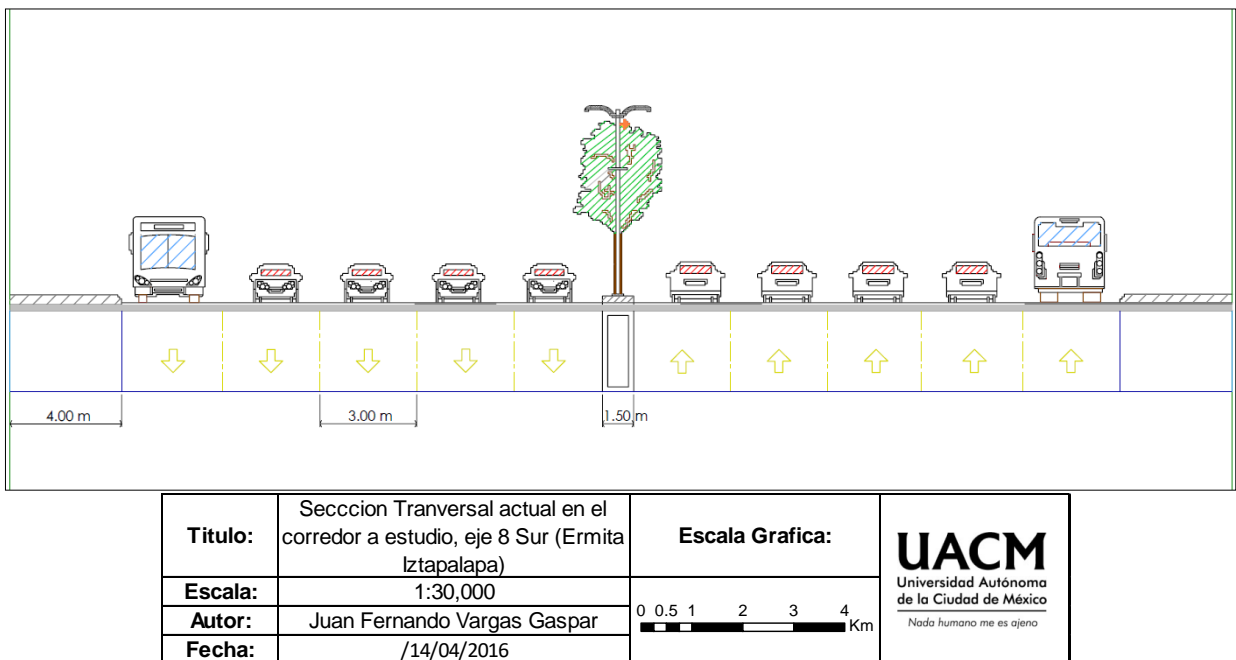


|                |                                                                       |                        |                                                                                                          |                                                                                              |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b> | Tamaño actual en el corredor a estudio, eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) | <b>Escala Grafica:</b> | <br>0 0.5 1 2 3 4 Km | <b>UACM</b><br>Universidad Autónoma de la Ciudad de México<br><i>Nada humano me es ajeno</i> |
| <b>Escala:</b> | 1:30,000                                                              |                        |                                                                                                          |                                                                                              |
| <b>Autor:</b>  | Juan Fernando Vargas Gaspar                                           |                        |                                                                                                          |                                                                                              |
| <b>Fecha:</b>  | /18/04/2016                                                           |                        |                                                                                                          |                                                                                              |

**Fuente:** Plano tres, elaborado en SolidWorks 2014, vista de planta.

**Vista frontal uno.** Se muestra la sección transversal actual en un tramo de la zona de estudio en la imagen 5.4, donde la calzada es separada por solo un camellón central, lo que nos indica la posibilidad de implementar un sistema de transporte masivo BRT, ya que el ancho de la calzada e infraestructura permiten migrar a un sistema de transporte masivo como lo es un BRT, dado que las características mínimas para implementar sistema BRT son 12 metros de ancho de calzada.

**Imagen 5.4** Vista frontal uno: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa), con sus respectivas características.

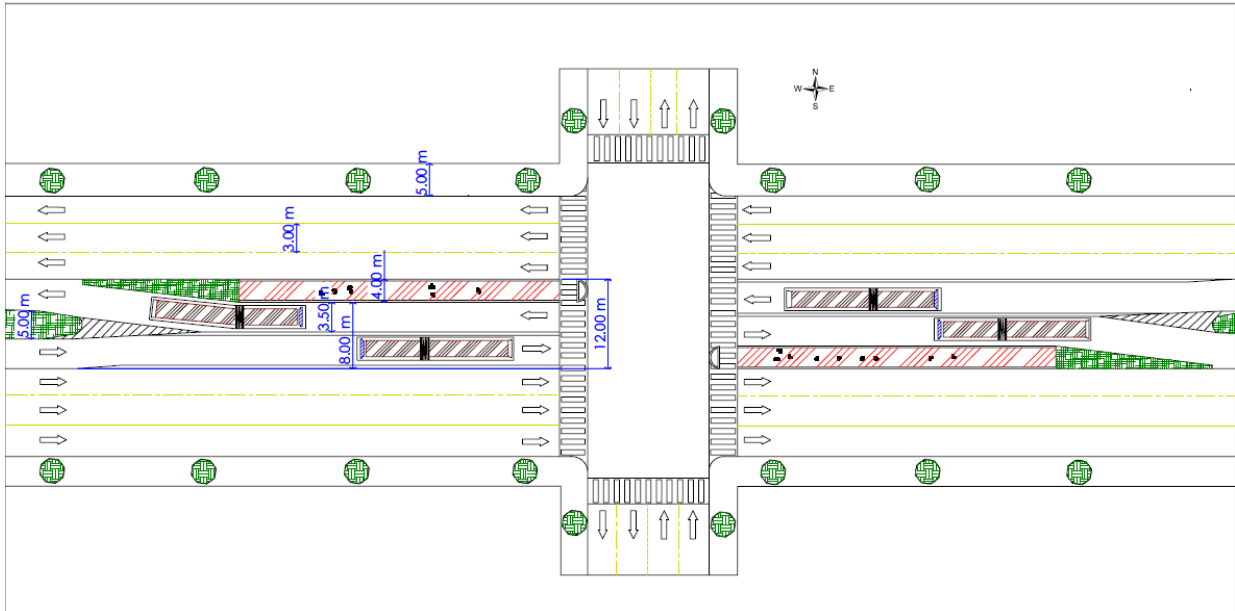


**Fuente:** Plano cuatro, elaborado en SolidWorks 2014, vista frontal.

**Vista de planta.** Propuesta final de un sistema masivo de transporte tipo BRT, con sus estaciones correspondientes en ambos sentidos de la vialidad, con dos carriles exclusivos para los vehículos y la **posibilidad de poder realizar rebase para optimizar tiempos de viaje (servicios exprés)**, además de poder incluir otro tipo de autobuses incluso de mayor y menor longitud, con diversas tecnologías como: vehículos a diesel, vehículos híbridos o vehículos eléctricos, que el propuesto como parte de mejorar la sustentabilidad de los sistemas de transporte públicos. Además de contar con áreas verdes, señalización adecuada para la seguridad del sistema, sistemas ITS, con un total

de área mínima requerida para cada estación de 12 metros de ancho, aproximadamente 30 metros de longitud respectivamente. Ver imagen 5.5.

**Imagen 5.5** Vista de planta: Propuesta final de un sistema masivo de transporte BRT inteligente, en el tramo a estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).



|                |                                                                                     |                        |  |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--|
| <b>Título:</b> | Propuesta de un Sistema BRT en el corredor a estudio, eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) | <b>Escala Grafica:</b> |  |
| <b>Escala:</b> | 1:30,000                                                                            |                        |  |
| <b>Autor:</b>  | Juan Fernando Vargas Gaspar                                                         |                        |  |
| <b>Fecha:</b>  | /22/04/2016                                                                         |                        |  |

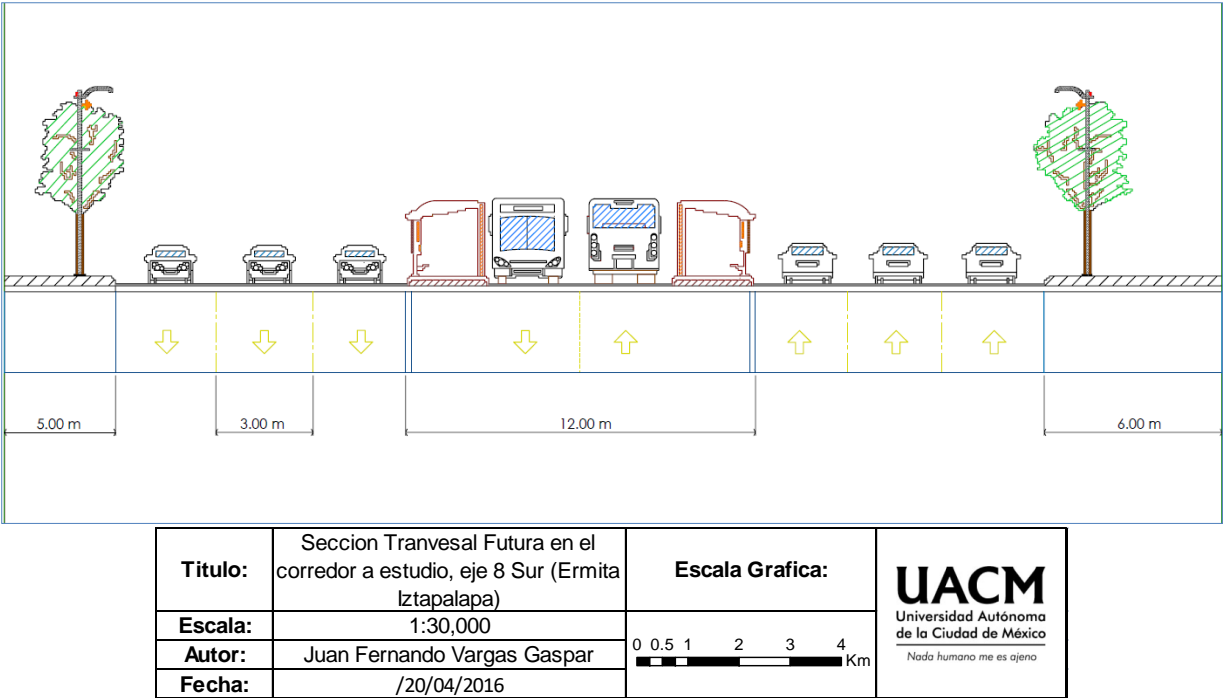
**Fuente:** Plano cinco, elaborado en SolidWorks 2014, vista de planta.

**Vista frontal dos.** La propuesta final para la implementación de un sistema BRT inteligente, donde se observan los carriles exclusivos para el sistema y los carriles restantes para el transporte en general, visto desde frente, con aéreas verdes, banquetas, estaciones, carriles exclusivos para el sistema BRT y carriles en general.

La importancia de la **propuesta de un sistema BRT en la zona de estudio radica en optimizar la movilidad de acuerdo a los problemas de congestionamiento en HMD a causa del transporte público y concesionado, de acuerdo a los estudios de campo uno de los factores al problema de movilidad en la zona de estudio es la ruta – 14 del transporte concesionado, que tendrá que ser remplazada por un sistema masivo de transporte como el de la propuesta. El nuevo sistema de transporte con una longitud**

aproximada de 9 kilómetros a lo largo del corredor, hace más atractiva la zona ya que optimiza el transporte público y mejora las condiciones del tránsito, evitando el congestionamiento vial, y garantizando la demanda presente y futura, propiciando un mayor control en las intercesiones como los giros a la izquierda con la señalización adecuada tanto vertical como horizontal, con la flexibilidad para diseñar el sistema de transporte público de acuerdo a la demanda al día e incorporar nuevas tecnologías a futuro como parte de la iniciativa de electro-movilidad en la Ciudad de México y mejorar el nivel de servicio del transporte público, mejorar la calidad de vida de los usuarios y el medio ambiente en la zona de estudio. Ver imagen 5.6.

**Imagen 5.6** Vista frontal dos: Vialidad futura con la implementación de un sistema BRT inteligente, en la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).



**Fuente:** Plano seis, elaborado en SolidWorks 2014, vista frontal.

**5.2. Consumo de energía al utilizar un sistema BRT.**

En el año 2011, 16.2 % de usuarios del Metrobús dejaron su automóvil estacionado de acuerdo a datos del corredor Insurgentes (Metroús, 2012), y 18 % en el centro histórico. Por otra parte el Consejo Internacional de Transporte (CIT) del año 2013, organización sin fines de lucro encargada de regular las emisiones contaminantes cuya misión es mejorar el

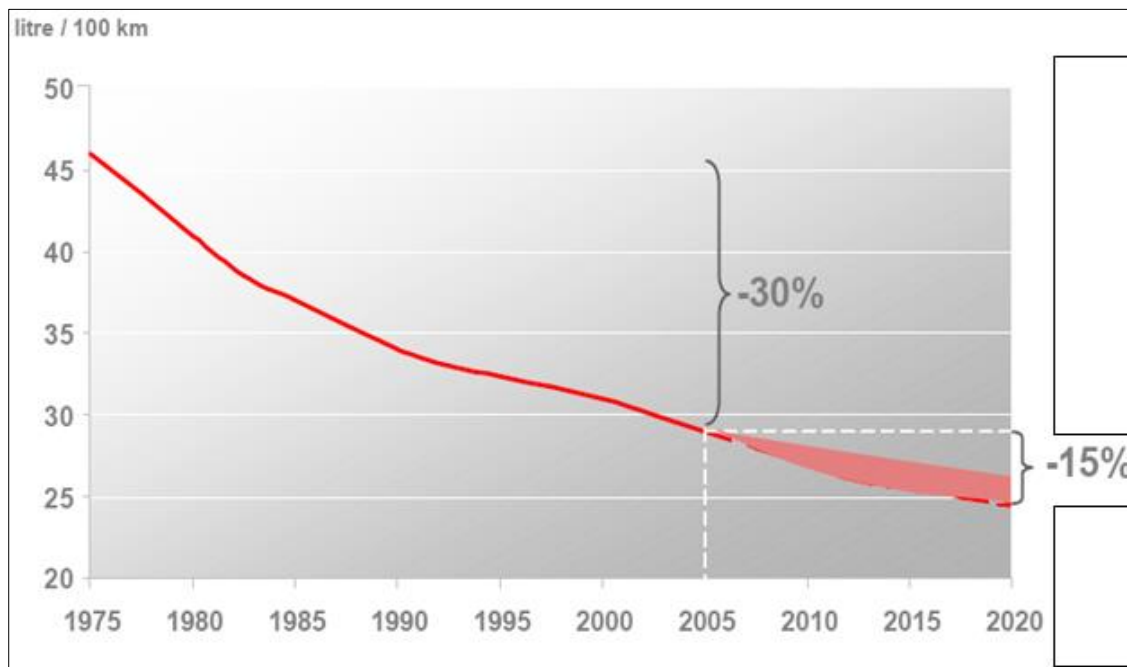
rendimiento y la eficiencia energética ambiental del transporte urbano carretero, marítimo y aéreo, calcula que considerando las políticas actuales, hacia el año 2030 se reducirán 9.5 % los vehículos (por km) de viajes en automóvil y 19 % para la misma fecha en caso de mantener la tendencia mostrada últimamente por las inversiones en sistemas BRT. Se considera este valor como reducción efectiva lineal de la actividad (vehículos por km) de autos particulares en el año 2050, con el cual en el año 2030 la reducción efectiva sería del 8.4 %. De acuerdo a encuestas realizadas en Metrobús en sus vehículos en el año 2006, el 9.6 % de las personas que usaron el Metrobús de la línea 1 en avenida Insurgentes lo hacía antes en automóvil, mientras que 5.8 % lo hacía en taxi (Power Mex Clean Energy & Efficiency, 2006). Lo que representa 60 % de cambio modal de taxi a Metrobús respecto al cambio modal del automóvil. Este mismo factor se considera para el año 2050. El consumo en diesel de los autobuses BRT es calculado considerando, para los autobuses en campo, un rendimiento de 1.1 km/l en el año 2015 de acuerdo al (Instituto Nacional de Ecología (INE), 2006), con una capacidad de 160 pasajeros y un recorrido diario de 280 km/día (Power Mex Clean Energy & Efficiency, 2006). Para los automóviles privados se considera un factor de ocupación de 1.7 pasajeros (Fideicomiso para el mejoramiento de las vías de Comunicación del Distrito Federal (FIMEVIC), 2000). *“Se considera que las unidades sustituidas no pueden utilizarse en otras rutas, debido al programa de “chatarrización” o por no autorizarse más concesiones que las ya otorgadas. No se considera variación en la velocidad de recorrido sobre las vialidades en las que se implementaría el BRT, ni en las calles aledañas”* (Juan C. Solís Á. y Claudia Sheinbaum P., 2015).

### **Eficiencia de combustible.**

- I. Los Sistemas BRT están planteados para ofrecer un servicio eficiente de calidad, durante sus primeros diez años sin ningún problema.
- II. El diesel hoy día es el combustible o energético ideal para un sistema BRT articulado, el costo y la eficiencia son muy benéficos, permite la disminución de emisiones contaminantes CO<sub>2</sub> y GEI.
- III. Sistemas de propulsión, es decir, motores y combustible más eficientes que hace 40 años.

En la gráfica 5.1 se observa la tendencia de los últimos 30 años y su respectiva proyección a futuro sobre la eficiencia del combustible en motores a diesel en litros por cada 100 kilómetros, es decir, que hace más de 30 años se consumía un 30% más de combustible que en el año 2005 y la tendencia de ahorro sigue bajando con una proyección a futuro que para el año 2020 se consumirá un 15% menos de combustible, cada vez los motores son más eficientes y tiene una mejor autonomía en km/lt.

**Gráfica 5.1** Economía de combustible.



**Fuente:** Jorge A. Suárez. (2007) Volvo 7300 BRT. [Gráfica 5.1]. Obtenida de: [http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-\\_Esp.pdf](http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-_Esp.pdf).

La economía del combustible del vehículo nuevo, al ser implementado en sus primeros años de vida útil. De acuerdo con pruebas de laboratorio en base a Metrobús y hasta un ahorro de 15% en mantenimiento y consumo de combustible por kilómetro más bajo al utilizar un BRT Volvo sobre otras marcas de la competencia (El Banco Mundial, 2015). Se muestra en la tabla 5.1 el ahorro de economía de combustible (km/lt) de recorrido, con datos reales del tramo del E8CEI), con un ahorro de hasta 14.28 % sobre otros vehículos BRT del mercado mexicano.

**Tabla 5.1** Características operacionales para calcular la economía de combustible en un sistema BRT (datos reales en base a nuestra zona de estudio).

| <b>Longitud de la ruta (km)</b>               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| Tramo del E8CEI                               | 9      |
| Ida y Vuelta                                  | 18     |
| <b>Número de Viajes por Vehículo</b>          |        |
| Viajes                                        | 6      |
| Ciclo (ida y vuelta)                          | 3      |
| <b>Total de días que realiza su recorrido</b> |        |
| Laborables                                    | 23     |
| Mantenimiento                                 | 2      |
| <b>Ahorro: Economía de combustible (%)</b>    |        |
| Costo por kilómetro muy bajo                  | 14.28% |
| Incluye: Combustible y mantenimiento          |        |

**Fuente:** En base a datos de Jorge A. Suárez. (2007) Volvo Autobuses de México (BRT) y a la zona de estudio.

De la tabla 5.1 se crea la tabla 5.2, para sustentar que el vehículo de Volvo ofrece la mejor economía de combustible sobre otras marcas de vehículos para sistemas BRT en el mercado mexicano. De acuerdo a sus pruebas de laboratorio hechas por dicha marca sobre otras.

**Tabla 5.2** El vehículo Volvo BRT ofrece la mejor economía de combustible (datos reales en base a la zona de estudio).

| <b>Aspecto</b>                 | <b>BRT (Volvo)</b> | <b>BRT Otras Marcas</b> |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Economía de combustible (km/l) | 1.4                | 1.2                     |
| Km recorridos mes por autobús  | 2,484.00           | 2,484.00                |
| Consumo de diésel (Litros)     | 1,774.29           | 2,070.00                |
| Costo diésel litro USD         | 0.72               | 0.72                    |
| Costo diésel total             | 1,277.49           | 1,490.40                |
| Ahorro (USD)                   | 212.91             | -                       |
| Ahorro (%)                     | 14.28%             | -                       |

**Fuente:** Elaborado en base a datos Jorge A. Suárez. (2007) Volvo Autobuses de México (BRT): Beneficios ambientales y perspectivas tecnológicas. Obtenida de: [http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-\\_Esp.pdf](http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-_Esp.pdf).

La economía del combustible de los vehículos BRT de las marcas más competitivas en el mercado mexicano, pruebas realizadas en campo en la Ciudad de México, y después de 8 años de vida útil, el panorama cambia pero depende mucho del mantenimiento del vehículo y los kilómetros recorridos que realice al día y las características operativas de los vehículos.

**Tabla 5.3** La economía de combustible de un sistema BRT en el mercado mexicano.

| Aspecto                        | BRT (Volvo) | BRT SCANIA | BRT DINA |
|--------------------------------|-------------|------------|----------|
| Economía de combustible (km/l) | 1.17        | 1.12       | 1.10     |
| Km recorridos mes por autobús  | 2,484.00    | 2,484.00   | 2,484.00 |
| Consumo de diésel (Litros)     | 2,117.65    | 2,217.86   | 2,258.18 |
| Costo diésel litro USD         | 0.72        | 0.72       | 0.72     |
| Costo diésel total             | 1,524.71    | 1,596.86   | 1,625.89 |
| Ahorro (USD)                   | 72.15       | -          | -        |
| Ahorro (%)                     | 4.52%       | -          | -        |

**Fuente:** Elaborado en base a datos Jorge A. Suárez. (2007) Volvo Autobuses de México (BRT): Beneficios ambientales y perspectivas tecnológicas. Obtenida de: [http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-\\_Esp.pdf](http://proyectos.lost-away.org/asimus/wp-content/uploads/2009/07/Tecnolog%C3%ADa-BRT-_Esp.pdf).

#### **Beneficios ambientales al utilizar sistemas BRT.**

- i. Cambio operacional (Empresas de transporte) y cambio tecnológico.
- ii. Reducción en el consumo energético y reducción de CO<sub>2</sub>.
- iii. Reducción en contaminantes (factores de emisión) y GEI.
- iv. Mejora de la velocidad (Rapidez y tiempos de viaje).
- v. Mejora la seguridad en los corredores de transporte.

El BRT muestra e integra todas las medidas combinadas lo que lo hace sustentable al incorporar todas las características de operación ya mencionadas anteriormente y con la flexibilidad de incorporar nuevas tecnologías que incrementen la vida útil del sistema.

### **5.3. Información para el usuario mediante sistemas inteligentes de transporte en las unidades de BRT.**

El aporte tecnológico como en otros sistemas de transporte de países desarrollados para incrementar el nivel de servicio y la seguridad del mismo, actualmente los Sistemas ITS en sistemas de transporte BRT no se utilizan adecuadamente debido a una mala planeación u operación o simplemente no se toman en cuenta debido a costos económicos y de operación que se puedan derivar por los malos manejos económicos, es por esto que el sistema ITS a implementar en los vehículos BRT, brindaría a los usuarios en tiempo real de las condiciones de tránsito y de operación, y otras afectaciones que pudieran surgir a lo largo del viaje, además de poder observar tiempos y demoras en sus viajes por medio de pantallas en los vehículos o bien directamente desde su teléfono inteligente, para que el usuario tenga en cuenta esos factores que podrían afectar en tiempo a dirigirse a satisfacer una necesidad. Al estar conectado por una red de telecomunicaciones (uso de la telemática) el usuario puede tomar sus precauciones y salir con tiempo a realizar dicho viaje.

#### **5.3.1. Propuesta de un sistema ITS dentro de cada vehículo del sistema BRT.**

Objetivo del sistema ITS: informar a los usuarios en tiempo real sobre las condiciones de operación del sistema BRT, así como de movilidad y del tránsito en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, entre las cuales se mencionan las siguientes:

- a) Hora de llegada y salida de los vehículos.
- b) Informar sobre accidentes viales en tiempo real.
- c) Obras en construcción.
- d) Sobre aspectos generales en cada estación y terminal.
- e) Noticias y publicidad (patrocinadores).
- f) Informar sobre las causas que puedan surgir en el corredor y puedan retrasar el viaje, para que el usuario tome decisiones antes de abordar al vehículo.

Se propone que los vehículos tengan en su interior pantallas digitales en donde se brindará dicha información. Además la posibilidad de conectarse vía Wi-Fi y utilizar en su teléfono inteligente para que por medio de una app previamente instalada en su teléfono, obtenga la

información requerida del corredor de transporte y su operación para mejorar el servicio al usuario y la seguridad del sistema.

Lo anterior es una inversión que se sumaría al costo del proyecto BRT, con el apoyo de patrocinadores externos (Interesados en el proyecto) o apoyo público - privado directamente del gobierno de la Cd. México y/o la empresa que brinde la infraestructura y equipo para dicho proyecto. Para mayor detalle del sistema ITS ver ANEXO B. Características del sistema ITS en los vehículos BRT (Pag.145-156).

#### 5.4. Análisis financiero del sistema ITS propuesto.

El presente análisis financiero que se utilizará es el de una empresa en este caso de transporte urbano. El análisis financiero se estudia de manera objetiva la viabilidad del proyecto a implementar en los vehículos.

El resultado de este análisis sirve de base para emprender las medidas correctivas para identificar y superar las debilidades y aprovechar de la mejor manera las fortalezas que se requieren al implementar ITS en sistemas masivos de transporte como lo son los BRT.

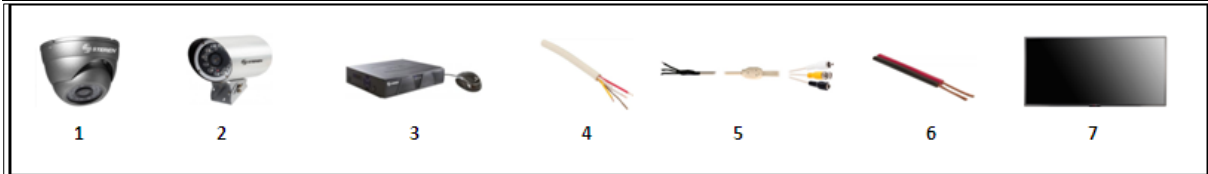
##### 5.4.1. Costo del sistema ITS.

En esta parte se estimaron los precios por cantidad de acuerdo a las necesidades del sistema ITS a implementar con los que contará cada vehículo como se puede observar en la tabla 5.4.

**Tabla 5.4** Lista de cotización de elementos físicos (EFS), para el vehículo BRT 7300 articulado.

| # | Elemento          | Característica           | Precio Unitario | Cantidad | Total (MX) |
|---|-------------------|--------------------------|-----------------|----------|------------|
| 1 | Cámara domo       | Steren. Modelo: CCTV-185 | \$1,890         | 1        | \$1,890    |
| 2 | Cámara fija       | Steren. Modelo: CCTV-180 | \$1,490         | 2        | \$2,980    |
| 3 | DVR               | Steren. Modelo: CCTV-955 | \$2,790         | 1        | \$2,790    |
| 4 | Cable (CCTV)      | calibre 24 AWG           | \$14            | 1        | \$14       |
| 5 | Cableado          | RCA. Modelo: CCTV-310    | \$29            | 1        | \$29       |
| 6 | Cable (corriente) | calibre 22 AMG Dúplex    | \$7             | 1        | \$7        |
| 7 | Pantalla          | LG LED 21 Pulgadas       | \$3, 000        | 1        | \$3, 000   |

|   |             |                        |         |   |               |
|---|-------------|------------------------|---------|---|---------------|
| 8 | Instalación | Incluida por proveedor | \$1,000 | 1 | \$1,000       |
| 9 | Garantía    | 4 año                  | \$ 900  | 1 | \$ 900        |
|   | Total       | -                      | -       | - | \$ 12, 610.00 |



**Fuente:** Elaborado en base a la cotización de los elementos físicos (EFS) para el sistema ITS.

Se requieren los siguientes datos complementarios para el análisis financiero estimado al implementar el ITS:

- I. Como primer dato para realizar el análisis financiero en este caso se requiere de la demanda potencial al año en la zona de estudio, es decir los viajes que se realizan al año por ciclo y capacidad del vehículo propuesto.
  - i. Demanda Potencial por número de viajes en el corredor = **310, 690 viajes potenciales.**

Capacidad máxima de pasajeros de los vehículos BRT (Volvo 7300 articulado) de los cuales de acuerdo a la configuración de asientos y lo que dice el proveedor del vehículo se tiene las siguientes características:

- a. Sentados: 41pasajeros.
- b. De pie: 119 pasajeros.
- c. 1 espacio para silla de ruedas.
- d. Total: 160 pasajeros.

#### **Descripción general de la cotización.**

- 1) Se introducen los datos requeridos.
- 2) Se requiere una tasa de interés del 11% anual para proyectos de ingeniería.

- 3) Vida útil del sistema ITS a 96 meses (8 años) después se tendrá que actualizar, del cual como se verá más adelante se pagara en un año el sistema, por lo que los restantes años serán ganancias para la empresa que opere el sistema BRT.

La tabla 5.5 se muestra el costo financiado del proyecto que es de \$209,959.50 con una depreciación de 8 años, manejando una tasa de interés del 11% para proyectos de ingeniería.

**Tabla 5.5** Proyección financiera del sistema ITS.

| <b>Proyección financiera: Proyecto ITS</b> |                      |
|--------------------------------------------|----------------------|
| Costo de ITS por unidad                    | \$ 12,610.00         |
| Total de unidades                          | 15                   |
| Total ITS                                  | \$ 189,150.00        |
| Tasa de financiamiento                     | 11%                  |
| Costo financiado                           | <b>\$ 209,959.50</b> |

**Fuente:** Elaborado en base a la cotización para el sistema ITS.

En la tabla 5.6 muestra el ingreso propuesto de la tarifa actual y la tarifa propuesta para el pago del ITS a implementar en los vehículos BRT.

**Tabla 5.6** Ingresos por el servicio del sistema BRT e ITS por: viajes/usuarios.

| <b>Ingreso propuesto</b> |                      |                   |
|--------------------------|----------------------|-------------------|
| Tarifa BRT (actual)      | \$ 6.00              | Pesos             |
| Tarifa adicional         | \$ 0.50              | Pesos             |
| Demanda potencial (DP)   | 310,690              | Viajes/año/unidad |
| Generación de recurso    | <b>\$ 155,345.12</b> | Al año            |

**Fuente:** Elaborado en base al ingreso propuesto del sistema ITS.

#### 5.4.2. Pago del sistema ITS.

En la tabla 5.7 se muestra el estado de viabilidad del proyecto, tiempo de vida útil, pago de capital y el pago total del ITS en un horizonte de vida útil del sistema de 8 años:

**Tabla 5.7** La viabilidad del proyecto del sistema ITS a implementar.

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| <b>Determinación de la viabilidad del ITS</b> |
| Tiempo de vida útil > Tiempo de pago          |
| Vida útil en años = 8 Años                    |
| <b>Pago de capital</b>                        |
| Pago de capital = Pago Total - pago Interés   |
| <b>PC=PT - PI</b>                             |
| Pago Total = Pago Capital + Pago Interés      |
| <b>PT=PC+PI</b>                               |

**Fuente:** Elaborado en base al proyecto del sistema ITS a implementar.

El pago de deuda se realizará en un año, contando con un sobrante mostrado en el saldo final ya para el segundo año, es decir en el segundo año se empezaran a notar las ganancias por tarifa del servicio BRT, como se ve en la tabla 5.8.

**Tabla 5.8** Pago total del sistema ITS, con un horizonte de vida útil de 8 años.

| Año | Saldo inicial    | Pago capital  | Pago interés   | Pago total    | Saldo final      |
|-----|------------------|---------------|----------------|---------------|------------------|
| 1   | \$ 209,956.50    | \$ 132,249.91 | \$ 23,095.22   | \$ 155,345.12 | \$ 77,706.60     |
| 2   | \$ 77,706.60     | \$ 146,797.39 | \$ 8,547.73    | \$ 155,345.12 | -\$ 69,090.80    |
| 3   | -\$ 69,090.80    | \$ 162,945.11 | -\$ 7,599.99   | \$ 155,345.12 | -\$ 232,035.91   |
| 4   | -\$ 232,035.91   | \$ 180,869.07 | -\$ 25,523.95  | \$ 155,345.12 | -\$ 412,904.98   |
| 5   | -\$ 412,904.98   | \$ 200,764.67 | -\$ 45,419.55  | \$ 155,345.12 | -\$ 613,669.64   |
| 6   | -\$ 613,669.64   | \$ 222,848.78 | -\$ 67,503.66  | \$ 155,345.12 | -\$ 836,518.43   |
| 7   | -\$ 836,518.43   | \$ 247,362.15 | -\$ 92,017.03  | \$ 155,345.12 | -\$ 1,083,880.57 |
| 8   | -\$ 1,083,880.57 | \$ 274,571.98 | -\$ 119,226.86 | \$ 155,345.12 | -\$ 1,358,452.56 |

**Fuente:** Elaborado en base al proyecto del sistema ITS a implementar.

### 5.4.3. Flujo de Efectivo.

El flujo de efectivo se considera el total de paga en años del sistema ITS como se observa, el sistema se paga en un año, los restantes años ya son ganancias para la empresa, además de una tasa interna de retorno de 72%.

Se puede financiar con apoyo privado de una empresa interesada en el proyecto para su financiamiento por un año, el cual se podrá ir pagando en los siguientes años con las ganancias sobre la tarifa del sistema BRT. Representa aumentar el nivel de servicio para los usuarios, informar sobre las condiciones de tránsito en el corredor, y tener un mejor control del sistema que implica mayor seguridad y monitoreo de las unidades en tiempo real vía GPS (el vehículo con el puesto central de control PCC). Ver tabla 5.9.

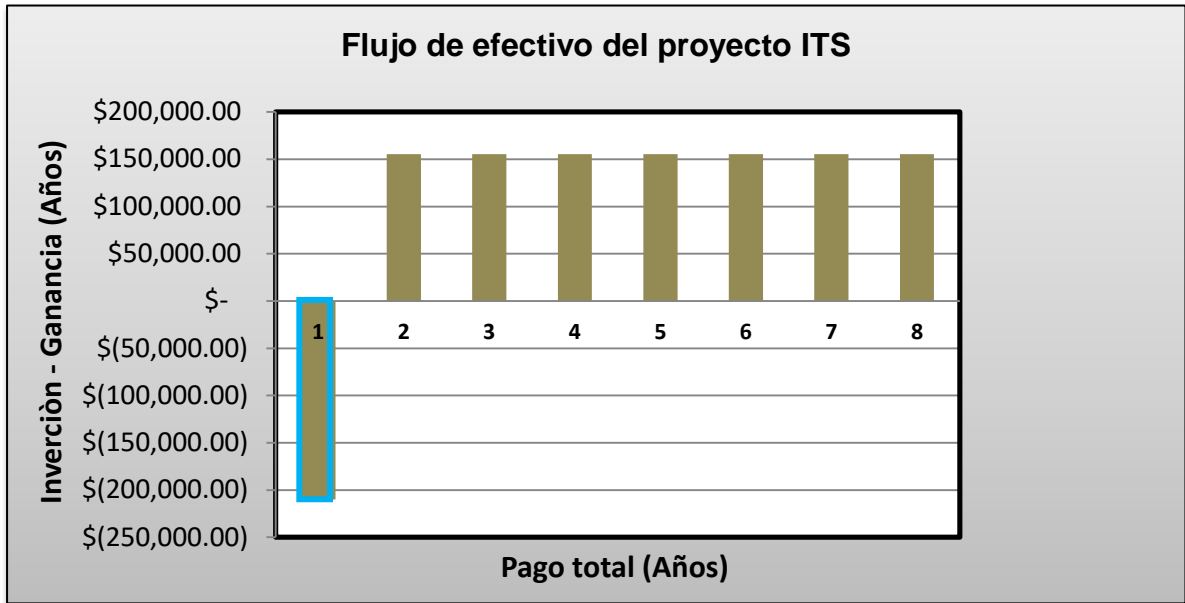
**Tabla 5.9** Costo total del sistema ITS a implementar.

| Costo total del sistema |                |
|-------------------------|----------------|
| Pago total en años      |                |
| 1er año                 | -\$ 209,956.50 |
| 2do año                 | \$ 155,345.12  |
| 3er año                 | \$ 155,345.12  |
| 4to año                 | \$ 155,345.12  |
| 5to año                 | \$ 155,345.12  |
| 6to año                 | \$ 155,345.12  |
| 7mo año                 | \$ 155,345.12  |
| 8vo año                 | \$ 155,345.12  |
| TIR                     | 72%            |

**Fuente:** Elaborado en base al proyecto del sistema ITS a implementar.

En la gráfica 5.2 se muestra el flujo de efectivo del proyecto y pago del mismo en un año, los restantes siete años se convierten en ganancias para la empresa que opere el sistema BRT, con el objetivo de utilizar las ganancias para mejorar la operación y el servicio del sistema BRT e ITS.

**Gráfica 5.2** Flujo de efectivo, pago del sistema ITS en un año.



**Fuente:** Elaborado en base al proyecto del sistema ITS a implementar.

### 5.5. Costo total del sistema BRT.

El costo de un sistema de transporte público tipo BRT conocido como el Metrobús de la Cd. de México, tomando en cuenta el monto mínimo requerido como: costos de la infraestructura por kilómetro, el costo del sistemas ITS, el costo de los vehículos articulados y el costo de los servicios relacionados con la obra de construcción.

La vida útil del sistema, radica y está determinada por la vida útil de los vehículos articulados, de 15 años como máximo (periodo en el cual viene la chatarrización) y reemplazo de nuevos vehículos articulados.

El costo de construcción de un sistema BRT es relativamente bajo, teniendo en cuenta que la infraestructura en la que se basa son las vías de la ciudad y que las estaciones son en superficie. Tomando como referencia el costo de construcción de la línea 5 de Metrobús que circula sobre el eje 1 Poniente en su primer tramo, cumple con características de longitud de nuestra zona de estudio, y de acuerdo al capital contable mínimo requerido de dicha línea de Metrobús se tiene el análisis de costo total de la propuesta del sistema BRT, para la propuesta del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa. Ver Tabla 5.10.

**Tabla 5.10** Costo total mínimo requerido para la propuesta BRT a implementar.

| Concepto                                                                                                             | Unidad                             | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Monto (USD)             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------|----------------------|-------------------------|
| I. Equipos ITS                                                                                                       | Sistema ITS                        | 1        | \$ 8,334.73          | \$ 8,334.73             |
| II. Equipos BRT                                                                                                      | Autobuses BRT                      | 15       | \$ 300,000           | \$ 4,500,000.00         |
| III. Infraestructura (Costo/km)                                                                                      | Sistema BRT                        | 9        | \$ 2,500,000.00      | \$ 22,500,000.00        |
| IV. Supervisión Técnica, Administrativa y Financiera de la Construcción del Corredor Vial para el transporte Público | Servicios relacionados con la obra | 1        | \$ 916,199.04        | \$ 916,199.04           |
| <b>Total</b>                                                                                                         |                                    |          | <b>SUMA</b>          | <b>\$ 27,924,533.77</b> |

**Fuente:** Elaborado en base a datos de Transparencia D.F. (2015): Línea 5 de Metrobús. Obtenida de: <http://www.transparenciametrobus.df.gob.mx/linea5/licitaciones.php>.

Por lo que se tiene un costo total del sistema BRT en dólares de\$ **27, 924,533.77USD**lo que equivale en pesos mexicanos a: **\$579, 094,848.49 MXN**, el costo de inversión se encuentra dentro de los parámetros de sistemas BRT en la Cd. de México.

Finalmente se tiene una comparativa de costo de inversión mínima con otros modos de transporte como lo son: el sistema Metro, el sistema de Tren Ligero y sistema de Tranvía con respecto a la propuesta del sistema BRT, es el más rentable en materia de costo – beneficio y tomando en consideración la demanda al día en HMD que es de: **30, 150 usuarios** en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa. Ver tabla 5.11.

**Tabla 5.11** Comparativa entre otros modos de sistemas de transporte.

| Comparativas y Características de Alternativas Tecnológicas    |                                |                           |                       |                      |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| Concepto                                                       | Metro<br>(Tren de 9<br>coches) | Tren Ligero<br>(4 Coches) | Tranvía<br>(2 coches) | BRT<br>(Articulados) |
| Inversión de Infraestructura<br>(costo por km) USD<br>Millones | 60 - 250                       | 20 - 50                   | 10 - 30               | 1 - 5                |
| Inversión Equipo Rodante<br>(USD Millones por Unidad)          | 5 - 6                          | 3 - 5                     | 1 - 2                 | 0.23 - 0.30          |
| Capacidad Transportación<br>(capacidad de los vehículo)        | 1,530                          | 680                       | 200                   | 160 - 240            |
| Velocidad Máxima Permitida<br>(km/h)                           | 80                             | 70                        | 60                    | 60                   |
| Distancia promedio entre<br>Estaciones (m)                     | 1,000                          | 600                       | 500                   | 400 - 500            |
| Usuarios/hora/sentido                                          | 40,000 -<br>100,000            | 7,000 -<br>30,000         | 20,000 -<br>30,000    | 15,000 -<br>45,000   |

**Fuente:** Elaborado en base a datos de Metrobús, y comparativas entre Sistemas BRT, Tranvía, Metro y tren ligero, de distintas partes del mundo tomando como base la demanda de usuarios al día.

El sistema BRT articulado de acuerdo a la demanda de usuarios en HMD y a los estudios de campo realizados y analizados a lo largo de este trabajo de tesis para la zona de estudio, la opción más rentable de costo - beneficio es el sistema BRT que ofrece las mejores prestaciones, incluye todos los elementos operativos para la movilidad de los usuarios (demanda), además de mejorar el entorno vial y todo la conformación del sistema en conjunto que lo hace sustentable. Al utilizar sistemas BRT se proporciona financiamiento, asesoría experta y mantenimiento preventivo y correctivo, sistema integral de gestión de tráfico e ITS, entre otras opciones para operar con la mejor tecnología y flexibilidad los sistemas BRT.

## **Conclusiones y recomendaciones.**

La experiencia de la movilidad en las ciudades a través de los sistemas BRT, que se tiene en México, nos presenta una oportunidad de operar este tipo de sistema de transporte público de pasajeros, optimizando los costos de inversión y maximizar los beneficios que generen en el ordenamiento del territorio, implementando mejoras en los sistemas y en las propias unidades de transporte, que contribuyan a una mejor calidad en el servicio de acuerdo al modelo de expansión de los sistemas BRT.

La alta concentración de la población convierte a este territorio en una zona con una alta demanda en materia de vivienda, de infraestructura urbana, de transporte público. La estructura urbana del territorio predomina una traza de forma irregular, hace compleja la movilidad de la zona de estudio y una vialidad que conecta de manera directa la zona oriente de la ciudad con el resto de la misma y periferia del Edo de México, como lo es el eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa.

En el caso de la zona de estudio delimitada por los CETRAM Constitución de 1917 y Santa Martha, como nodos atractores de transporte, que conectan la red del Sistema de transporte colectivo Metro, con el objetivo de conectar ambos CETRAM y mejorar la movilidad en el tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa, mediante un proyecto Público - Privado, el cual consiste en la implementación de un sistema masivo de transporte BRT que brinde los siguientes beneficios; reducción de tiempo de viaje, mejora la calidad del aire, seguridad en el sistema, proporciona control y operación del sistema ya que se convierte en una empresa de transporte como ente regulatorio.

Mediante elementos de diseño urbano e infraestructura pública se podría permitir el rediseño del entorno urbano de la vialidad para facilitar los viajes intermodales y, sobre todo, beneficiar la movilidad no motorizada y las condiciones del espacio público de modo que se desincentive el uso del automóvil.

Que se concluye de los aforos, de los ascensos y descensos, de la velocidad y tiempos de recorrido, son importantes para la demanda del transporte público en general de la zona de estudio la población se concentra en dichos puntos establecidos, las rutas colectoras llegan a dichos puntos, otras transitan la zona de estudio y algunas cruzan la zona para llegar a sus

destinos, por lo que es una vialidad importante generadora de viajes tanto locales como interurbanos.

Es una zona de acceso a los municipios de Valle de Chalco Solidaridad, Los Reyes la Paz, Nezahualcóyotl e Ixtapaluca principalmente. La vialidad cumple con las dimensiones requeridas de radio de giro y dimensiones necesarias para la propuesta de un sistema BRT sin mayor problema y poder brindar un mejor servicio al mejorar los tiempos de viaje, mayor seguridad y comodidad. El sistema BRT cumple con lo necesario para atender demanda de usuarios en HMD que es de **30, 150 usuarios**, y viajes que se generan de acuerdo a la demanda potencial que es de 310,960 viajes. La demanda para implementar un sistema BRT estándar es de **16,000 a 40, 0000 viajes en hora – pasajero – sentido**, respetando normas para el diseño y construcción de sistemas de transporte público en la Cd. de México.

Las características geométricas de la vialidad permiten el acceso del autobús articulado propuesto para en este trabajo de tesis, de acuerdo a los radios de giro de las curvas circulares y el patrón de giro de un autobús articulando entre otras características. El análisis realizado en campo sobre las curvas críticas en los CETRAM a estudio, da como resultado que la vialidad del tramo del eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa cumple con las dimensiones necesarias para implementar un sistema masivo de transporte en la infraestructura de la zona, se tiene que realizar estudios de diseño y construcción para implementar sistemas BRT, así como reordenar rutas y quitar algunas para la nueva propuesta.

Como se puede observar el sistema ITS, propuesto para los vehículos del sistema BRT se decidió aumentar la tarifa en \$ 0.50 pesos y aumentar el nivel de servicio para los usuarios con beneficios en la calidad del servicio, todas las unidades contarán con sistema ITS con el objetivo de brindar información en tiempo real de la ruta, y en materia de seguridad se podrá enlazar en tiempo real al sistema de la Secretaria de Seguridad Pública (SSP) del sector correspondiente a Iztapalapa de la zona, para la seguridad del sistema como sucede con las líneas de Metrobús.

Con la propuesta ITS se trató de optimizar la infraestructura con la que ya cuentan los vehículos volvo 7300, de acuerdo a las visitas hechas en campo como: sistemas cobro con tarjeta, cámaras en las estaciones y vehículos, y pantallas para informar al usuario, no existen los servicios ni vía red ni en tiempo real, salvo en la línea uno donde en las estaciones se

informa en pantalla la llegada de otros vehículos, por eso esta propuesta mejora los ITS de los sistemas BRT en la Cd. de México.

Sobre el consumo energético del sistema se opta por utilizar vehículos de la marca Volvo ya que de acuerdo a la investigación documental y en campo, son los que prestan un mejor rendimiento de combustible sobre otros vehículos del mercado mexicano a lo largo de la vida útil de acuerdo a su tecnología en motores a diesel.

Al utilizar los sistemas BRT se proporciona financiamiento, asesoría experta y mantenimiento preventivo y correctivo, sistema integral de gestión de tráfico e ITS, entre otras opciones para operar con la mejor tecnología los sistemas BRT.

Se tiene un proyecto rentable en términos de **costo – beneficio** a corto plazo tratando de optimizar la infraestructura del eje a estudio, y con la posibilidad de expandir el proyecto a futuro con nuevas tecnologías, ya que un sistema BRT es flexible y ofrecer nuevos servicios para la seguridad y comunicación con el usuario, sobre otros sistemas de transporte (metro, ten ligero o autobús, etc.), además de atenderá la demanda al día, y mejorar el nivel de servicio para los usuarios. El BRT es una alternativa para hacer eficiente los sistemas de transporte público en la Cd. de México.

El costo total para la propuesta de un sistema BRT es: **\$579, 094,848.49 MXN**, el costo de inversión se encuentra dentro de los parámetros de sistemas BRT en la Cd. de México, como lo son las seis líneas de Metrobús actualmente en operación y la construcción de una séptima línea más.

Finalmente se puede concluir, que el gobierno de la Cd. de México como promotor y encargado de la infraestructura de la ciudad ha ofertado y desde luego ha modernizado el transporte público de una manera meramente parcial, así también el gobierno de la Cd. de México debe encontrar la manera de racionalizar el uso del transporte particular (automóvil). **¿Cómo? Promoviendo el uso de sistemas de transporte público masivos menos contaminantes en base a la ley de movilidad de la Ciudad, por lo que todos tenemos derecho a la conectividad y accesibilidad, es decir, oportunidades de movilidad eficiente.**

## Bibliografía.

- Ángel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Árellano. (1998). *Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración*. Cd. de México: Fundación ICA, A.C.
- (ASSTHO), A. A. (2004). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C: Fifth Edition ASSTHO.
- Academia.Edu. (9 de Marzo de 2016). *Modelos de movilidad en la Barcelona contemporánea*. Obtenido de [https://www.academia.edu/11931357/Modelos\\_de\\_movilidad\\_en\\_la\\_Barcelona\\_contempor%C3%A1nea](https://www.academia.edu/11931357/Modelos_de_movilidad_en_la_Barcelona_contempor%C3%A1nea)
- ArcGIS. (13 de Enero de 2015). *ArcGIS Resource*. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/home/>
- Bicitekas. (12 de Diciembre de 2007). *Encuesta Origen destino 2007*. Obtenido de [http://bicitekas.org/wp/wp-content/uploads/2013/07/2007\\_Encuesta\\_Origen\\_Destino\\_INEGI.pdf](http://bicitekas.org/wp/wp-content/uploads/2013/07/2007_Encuesta_Origen_Destino_INEGI.pdf)
- Comisión de Transportes Colegios de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (2003). *Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre*. Madrid: INTA. Consorcio Transportes.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (Abril de 29 de 2015). *CONAPO*. Obtenido de [gob.mx: http://www.gob.mx/conapo#documentos](http://www.gob.mx/conapo#documentos)
- El Banco Mundial. (14 de Noviembre de 2015). *Proyectos y Operaciones*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/projects/p082656/mexico-city-insurgentes-bus-rapid-transit-system-carbon-finance-project?lang=es>
- El Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) México. (18 de Mayo de 2016). *Para entender la nueva Ley de Movilidad del DF*. Obtenido de <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Para-entender-la-nueva-Ley-de-Movilidad-del-DF.pdf>
- El Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (18 de Julio de 2015). *Sistemas inteligentes o nuevas tecnologías de transporte*. Obtenido de

<http://www.imt.mx/micrositios/integracion-del-transporte/servicios-de-investigacion/sistemas-inteligentes-o-nuevas-tecnologias-de-transporte.html>

Fideicomiso para el mejoramiento de las vías de Comunicación del Distrito Federal (FIMEVIC). (4 de Octubre de 2000). *Diagnóstico de la movilidad de las personas en la Ciudad de México*. Obtenido de FIMEVIC:  
<http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>

Gobierno del Distrito Federal. (11 de Junio de 2015). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. Obtenido de  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf>

Godínez, J. D. (24 de Noviembre de 2015). *Sustentabilidad en los Negocios Mexico*. Obtenido de Instituto Global para la Sostenibilidad:  
<http://www.igs.org.mx/sites/default/files/Volvo%20Buses%20and%20Trucks.pdf>

González, Carmen Mataix. (16 de Febrero de 2016). *Movilidad Urbana Sostenible:Un reto energetico y ambiental*. Obtenido de  
<http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536159.pdf>

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP). (14 de Junio de 2015). *Transporte Público Masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecciones de demanda y soluciones al 2024*. Obtenido de  
<http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Transporte-Publico-Masivo-en-la-Zona-Metropolitana-del-Valle-de-Mexico-Proyecciones-de-demanda-y-soluciones-al-2024.pdf>

Instituto Global para la Sostenibilidad. (23 de Agosto de 2016). *Sustentabilidad en los Negocio México*. Obtenido de  
<http://www.igs.org.mx/sites/default/files/Volvo%20Buses%20and%20Trucks.pdf>

Instituto Nacional de Ecología (INE). (9 de Marzo de 2006). *The benefits and costs of a bus rapid transit*. Obtenido de INE:  
[http://www.inecc.gob.mx/descargas/calair/metrobus\\_bca.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/calair/metrobus_bca.pdf)

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (15 de Marzo de 2015). *Encuesta Intercensal 2015*. Obtenido de Productos y Servicios:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). (21 de Octubre de 2014). *Información Estadística y Geográfica*. Obtenido de INEGI:  
<http://www.inegi.org.mx/default.aspx>

Jeffrey., N. P. (1999). *Sustainability in Cities Overming Automobile Dependence*. Washington, D.C.: Islán Press.

Juan C. Solis Á. y Claudia Sheinbaum P. (15 de mayo de 2015). *CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES DE CO2 DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO Y ESCENARIOS DE MITIGACIÓN*. Obtenido de UNAM:  
<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/46111/46558>

Lina Manjarrez Pedro, Romero Vadillo Irma G. y Bravo Grajales Emilio. (2011). *Transporte urbano, movilidad cotidiana y ambiente en el modelo de ciudad sostenible*. México: Primera Edición, Plaza y Valdez Editores.

López, L. (2008). *Presente y Futuro de la Movilidad Urbana: ¿Cómo moverse mejor en las ciudades latinoamericanas?* Chile: Primera edición Editorial Chacao.

Metroús. (9 de Octubre de 2012).  
*Reporte de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante el séptimo año de operación del Corredor Metrobús Insurgentes*. Obtenido de  
[http://www.metrobus.cdmx.gob.mx/transparencia/documentos/art15/X/X01\\_Reporte%202011-2012.pdf](http://www.metrobus.cdmx.gob.mx/transparencia/documentos/art15/X/X01_Reporte%202011-2012.pdf)

Mireles-Gausch, C. (2002). *Ciudad y Transporte: El binomio perfecto*. Barcelona: Ariel Geografía.

Organización de Naciones Unidas (ONU). (13 y 14 de Junio de 1992). *Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo*. Obtenido de Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF):  
[http://www.cedaf.org.do/eventos/forestal/Legislacion/Inst\\_internac/DECLARACION\\_RIO.pdf](http://www.cedaf.org.do/eventos/forestal/Legislacion/Inst_internac/DECLARACION_RIO.pdf)

Phillips D.R., y Williams, A.M. (1984). *Rural Britain: a Social Geography*. Black Wells: Oxford.

- Power Mex Clean Energy & Efficiency. (22 de septiembre de 2006). *Resultados del Metrobús en la reducción de emisiones, XII seminario de ahorro de energía*. Obtenido de <http://www.procalsof.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4289/guillermocalderon.pdf>
- Rafale Cal y Mayor R. y James Cárdenas G. (2007). *Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. México: 8va edición - Afaomega.
- Roger P. Roess, E. S. (2004). *Traffic Engineering*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México: Primera Edición, Cuarta reimpresión.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI). (22 de Enero de 2015). *Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano*. Obtenido de SEDUVI: <http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/index.php/programas-de-desarrollo/programas-delegacionales>
- Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA). (26 de Febrero de 2015). *Programas. Suelos de conservación*. Obtenido de SEDEMA: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/suelo-de-conservacion>
- Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros del D.F., Metrobús. (18 de Agosto de 2015). *Metrobús*. Obtenido de <http://www.metrobus.cdmx.gob.mx/>
- Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. (8 de diciembre de 2004). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. Obtenido de bvsde: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/tomo12norma.pdf>
- The International Council on Clean Transportation (ICCT). (20 de Agosto de 2013). *Passenger car fuel-efficiency, 2020–2025*. Obtenido de [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_PVfe-feasibility\\_201308.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_PVfe-feasibility_201308.pdf)
- TURICUN. (10 de febrero de 2015). *Turicún*. Obtenido de Transporte Urbano Cancun Q.Roo: <http://www.turicun.com/>
- Vivir en Juarez. (22 de Septiembre de 2015). *Transporte semimasivo, comenzó la modernización*. Obtenido de <http://chevaliersdutastevin.wixsite.com/vivebus/el-proyecto>

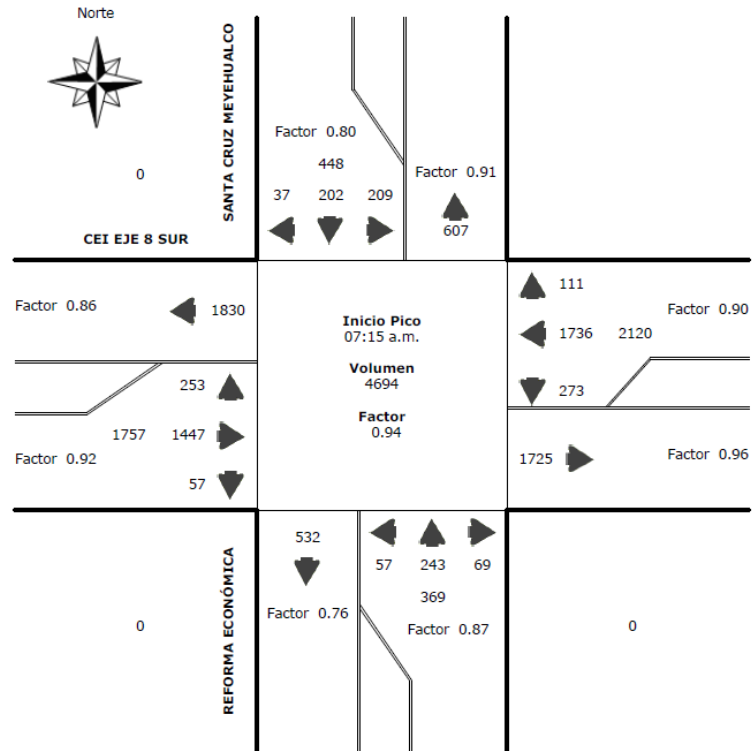
Volvo Buses México. (13 de Diciembre de 2014). *Sistema de Autobuses de Tránsito Rapido*.

Obtenido de Volvo BUSES México: <http://www.volvobuses.mx/es-mx/our-offering/buses.html>

Vukan R. Vuchic, Richard Clarke y Angel R. Molinero M. (1981). *Timed Transfer Sytem:Planning. Diseño y Operation*. Washington, D.C: UMTA.

## ANEXO A. Diagramas de aforos de volumen vehicular.

### 1. Diagrama 1. Aforo vehicular matutino de HMD: Calz. Ermita Iztapalapa/Tinacos.

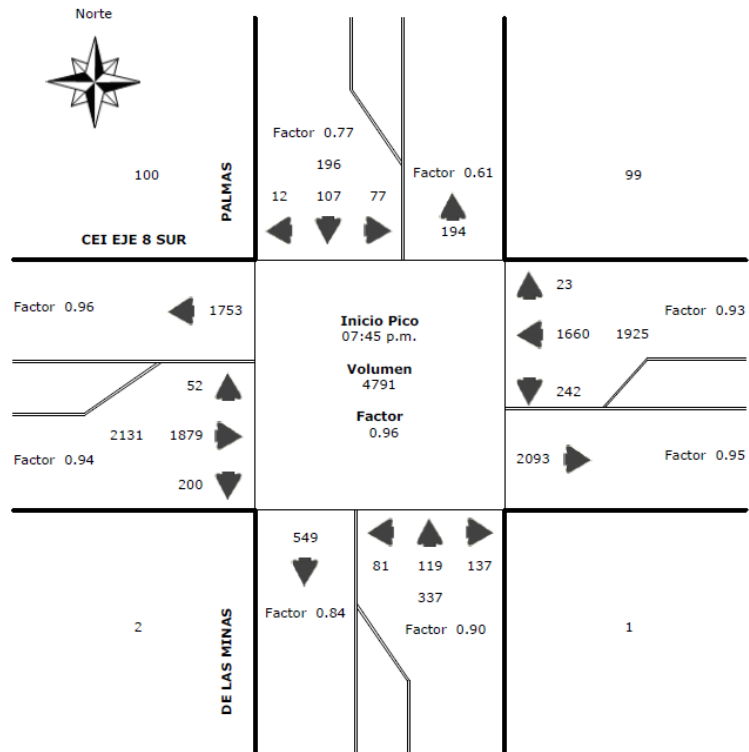


**Fuente:** Elaborado con datos de aforos en campo, utilizando software Time Marke Vías 2.2



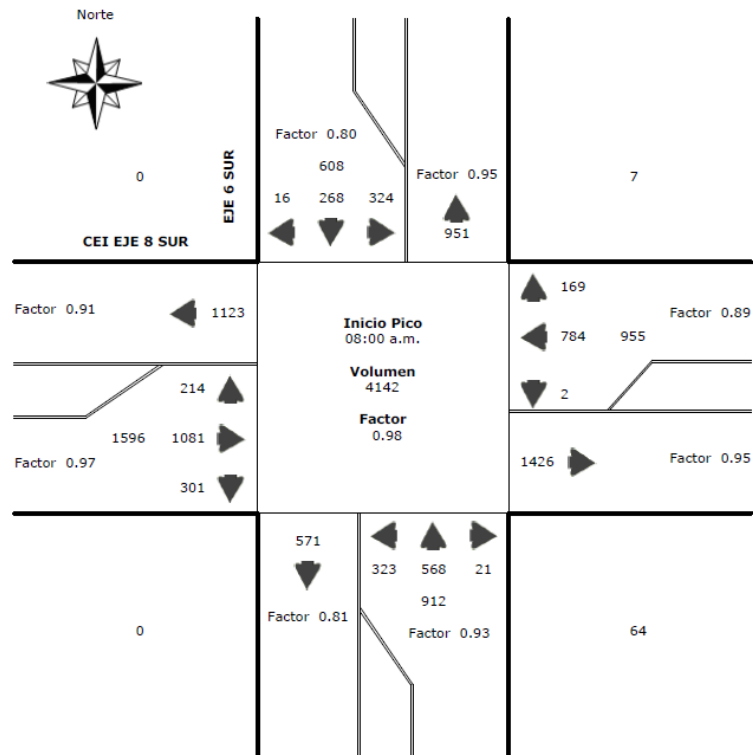


3. **Diagrama 6.** Aforo vehicular nocturno: Calz. Ermita Iztapalapa/Quebradora.



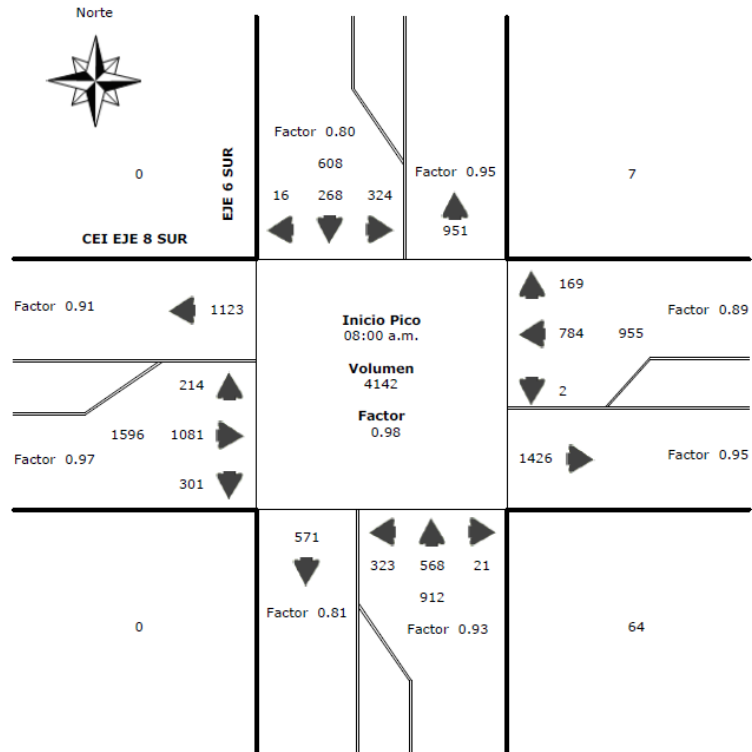
Fuente: Elaborado con datos de aforos en campo, utilizando software Time Marke Vías 2.2.

1. **Diagrama 7.** Aforo vehicular matutino: Calz. Ermita Iztapalapa/Eje 6 sur.



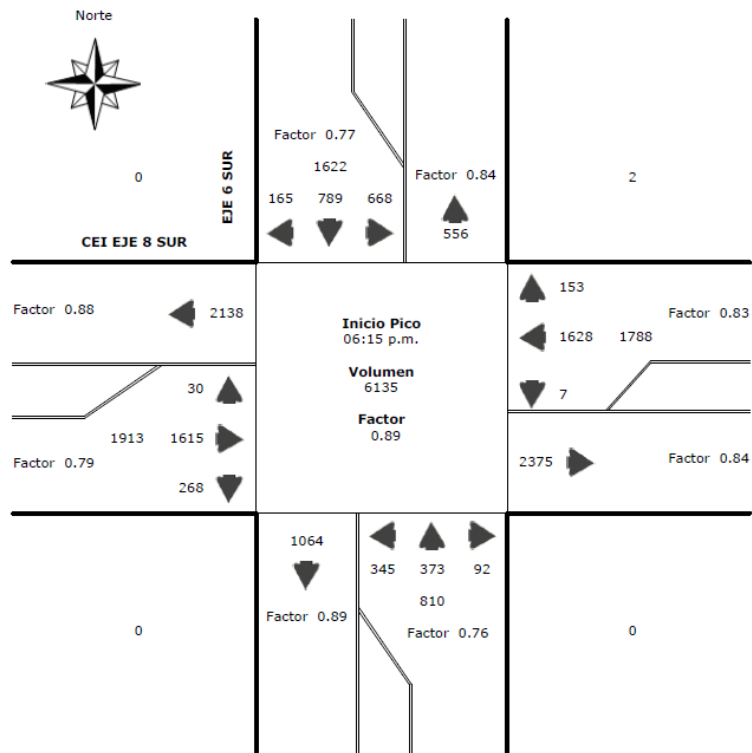
Fuente: Elaborado con datos de aforos en campo, utilizando software Time Marke Vías 2.2.

2. **Diagrama 8.** Aforo vehicular vespertino: Calz. Ermita Iztapalapa/ Eje 6 sur.



Fuente: Elaborado con datos de aforos en campo, utilizando software Time Marke Vías 2.2.

3. **Diagrama 9.** Aforo vehicular nocturno: Calz. Ermita Iztapalapa/ Eje 6 sur.



Fuente: Elaborado con datos de aforos en campo, utilizando software Time Marke Vías 2.2.

## **ANEXO B. Características del sistema ITS en los vehículos BRT.**

### **1. Vehículo propuesto.**

El vehículo Volvo 7300 articulado que se propone para la implementación del ITS cuenta con:

#### **A. Interiores:**

- i. Dos salidas de emergencia por vagón.
- ii. Dos ventiladores por vagón.
- iii. Dos extractores por vagón.
- iv. Piso de triplay revestido en linoleum.
- v. Mampara divisora tubular con acrílico transparente detrás de operador.
- vi. Un extinguidor por vagón.
- vii. Iluminación interior independiente en LED.
- viii. Espacio para silla de ruedas con cinturón de seguridad.
- ix. Ventanas de emergencia.
- x. Asientos cantilever.

#### **B. Sistema de información:**

- i. Opción de letreros interiores.
- ii. Opción de voceo al interior.

#### **C. Iluminación:**

- i. Iluminación salón de pasajeros en LED.
- ii. Luz incandescente de servicio por cada puerta de servicio en LED.

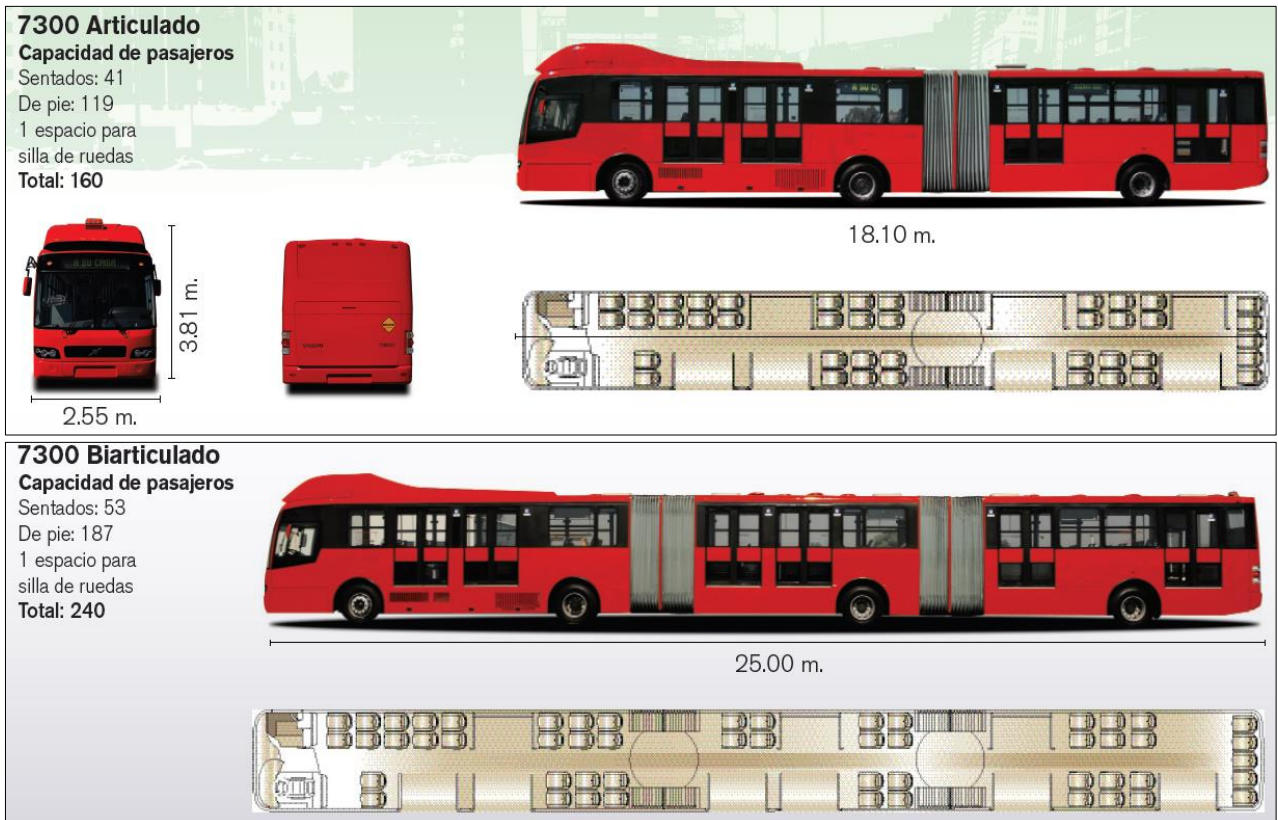
#### **D. Opciones:**

- i. Sistema de ayuda a la explotación (ITS4-mobility).

- ii. Alarma de contraflujo.
- iii. Porta-anuncios en dovelas.
- iv. Audio y video.

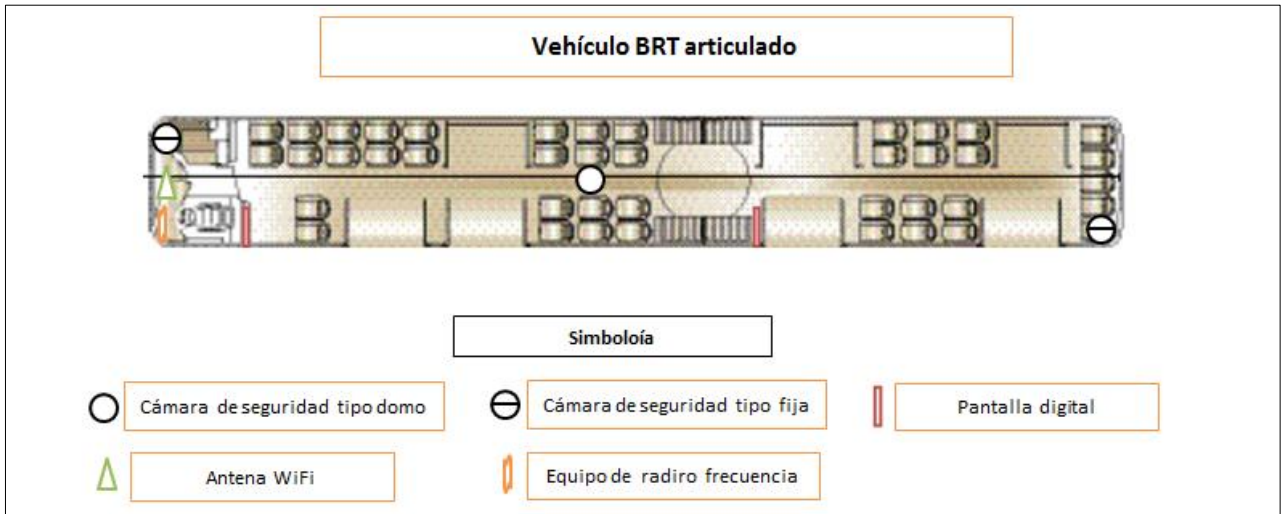
Las unidades en circulación serán similares a las que se mesturan en las imágenes A.1, A.2 y A.3, de los vehículos propuestos para el sistema ITS y brindar el servicio en el corredor.

**Imagen A.1** Autobuses Volvo 7300 articulado y doblemente articulado.



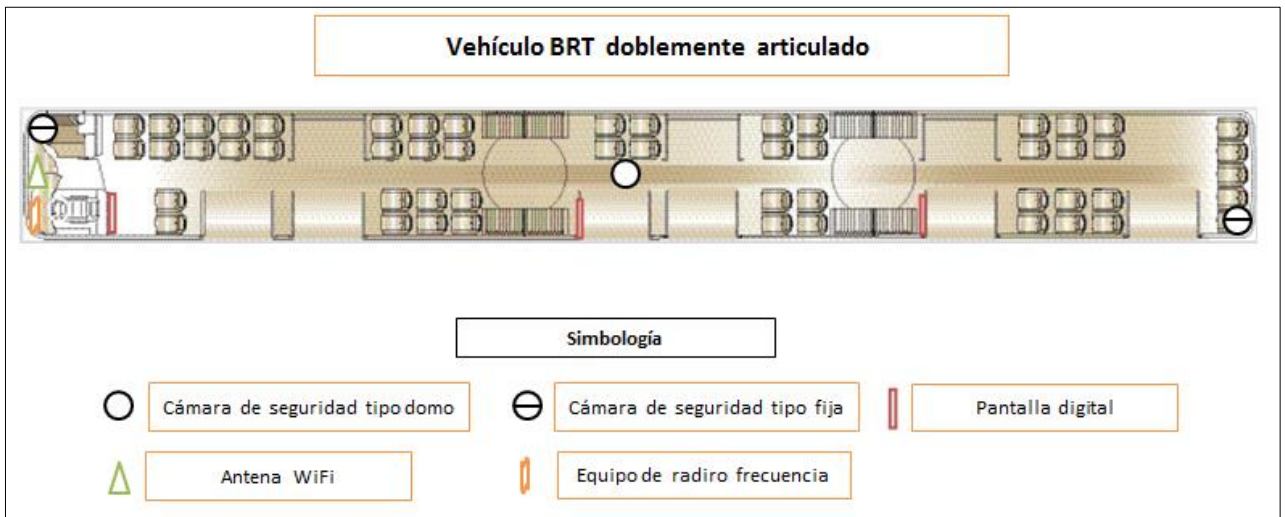
**Fuente:** Elaborado en base a la ficha técnica de Servnet México S.A de C.V. (2015) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.8]. Obtenida de: [http://beta.serv.net.mx/camionera\\_diesel/ficha\\_tecnica/\\_ficha\\_tecnica\\_33.pdf](http://beta.serv.net.mx/camionera_diesel/ficha_tecnica/_ficha_tecnica_33.pdf).

**Imagen A.2** Equipo requerido para el vehículo Volvo 7300 articulado.



**Fuente:** Elaborado en base a la ficha técnica de Servnet México S.A de C.V. (2015) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.8]. Obtenida de: [http://beta.serv.net.mx/camionera\\_diesel/ficha\\_tecnica/\\_ficha\\_tecnica\\_33.pdf](http://beta.serv.net.mx/camionera_diesel/ficha_tecnica/_ficha_tecnica_33.pdf).

**Imagen A.3** Equipo requerido para el vehículo Volvo 7300 doblemente articulado.



**Fuente:** Elaborado en base a la ficha técnica de Servnet México S.A de C.V. (2015) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.8]. Obtenida de: [http://beta.serv.net.mx/camionera\\_diesel/ficha\\_tecnica/\\_ficha\\_tecnica\\_33.pdf](http://beta.serv.net.mx/camionera_diesel/ficha_tecnica/_ficha_tecnica_33.pdf).

## 2. Arquitectura lógica (descriptiva).

La arquitectura lógica es la secuencia de pasos del funcionamiento del sistema inteligente, es importante que en la arquitectura no existan errores “lógicos” porque conllevará a un mal planteamiento para el funcionamiento del sistema a implementar en los vehículos del sistema BRT.

Es importante mencionar que de la arquitectura lógica, se obtienen los elementos físicos necesarios para concebir el sistema inteligente.

A continuación se presenta el diseño de la Arquitectura lógica:

*Ruta Corredor sustentable BRT (Metro Santa Martha - Constitución de 1917).*

0. *Se asigna personal capacitado.*
1. *Se asignan los destinos desde el puesto central de control (PCC).*
  - 1.1 *Revisión de los vehículos (condiciones mecánicas y seguridad).*
2. *Se asignan los vehículos.*
3. *Se asignan los conductores por turno.*
4. *Los vehículos se dirigen hacia su punto de salida para comenzar su ruta.*
  - 4.1. *Se firma la hora de llegada.*
5. *Se inicia con el encendido del sistema de control.*
6. *Comunicación con el centro de control cada 5 minutos (sincronización).*
7. *Durante su viaje el PCC monitorea a las unidades.*

8. *El equipo y el conductor reporta las condiciones de la vía y del viaje en las que se encuentran (tránsito, seguridad, noticias, ambiente y publicidad).*

8.1. *Tanto los sistemas CCTV así como de los sistemas de radio, telecomunicaciones y GPS, reportan los lugares por donde pasa el vehículo.*

8.2. *Si existe algún incidente se reporta al centro de operaciones para su pronta solución.*

8.3. *Desde el centro de monitoreo de SSP del DF emiten un aviso alertando cualquier incidente vial.*

8.4. *Se procede a informar a los usuarios sobre los posibles incidentes de tránsito.*

8.4.1. *A través de las pantallas se proyecta el trazo de la ruta indicada con el color.*

*Siguiente:*

1) *Verde – tránsito ligero.*

2) *Amarillo- tránsito medio.*

3) *Rojo – tránsito denso.*

*Utilizando las antenas Wi-Fi se les informará a través de sus teléfonos inteligentes. En coordinación con la SSP (sector de IZTAPALAPA).*

*Iztapalapa) y centro de operación de la empresa que opere el sistema BRT.*

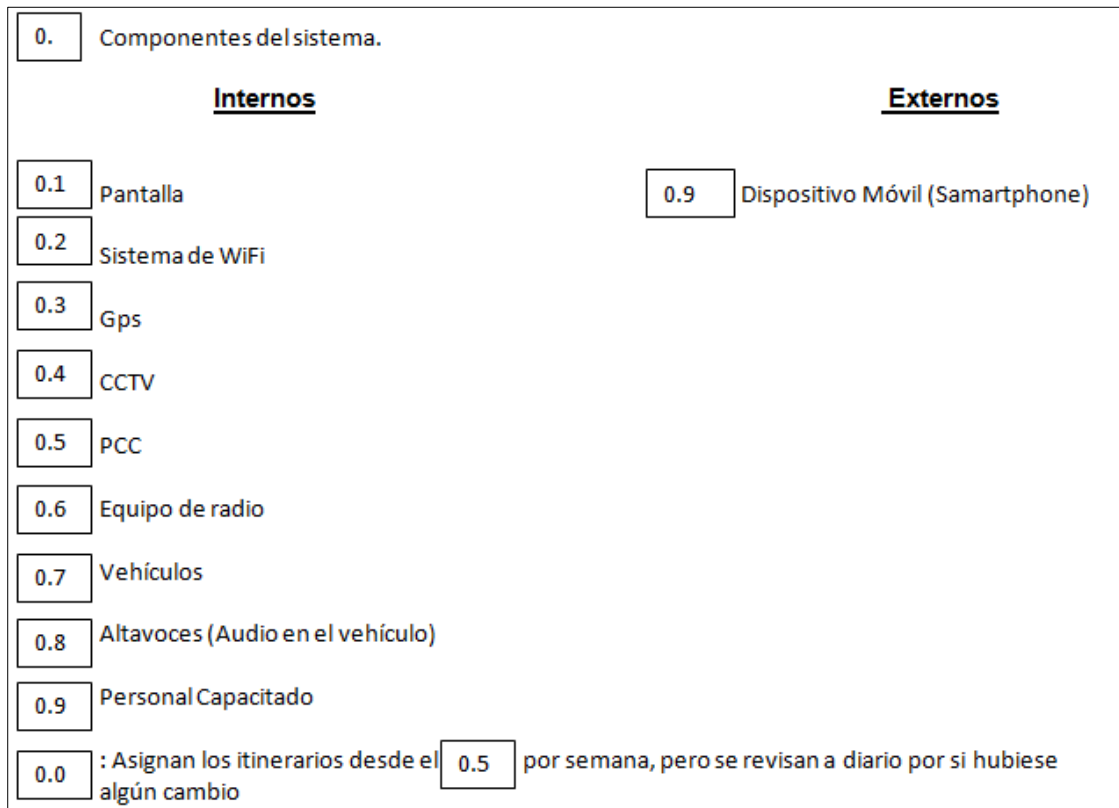
9. *Los vehículos llegan a su destino y reportan al centro de operaciones su llegada.*

9.1 Esperan su indicación de salida.

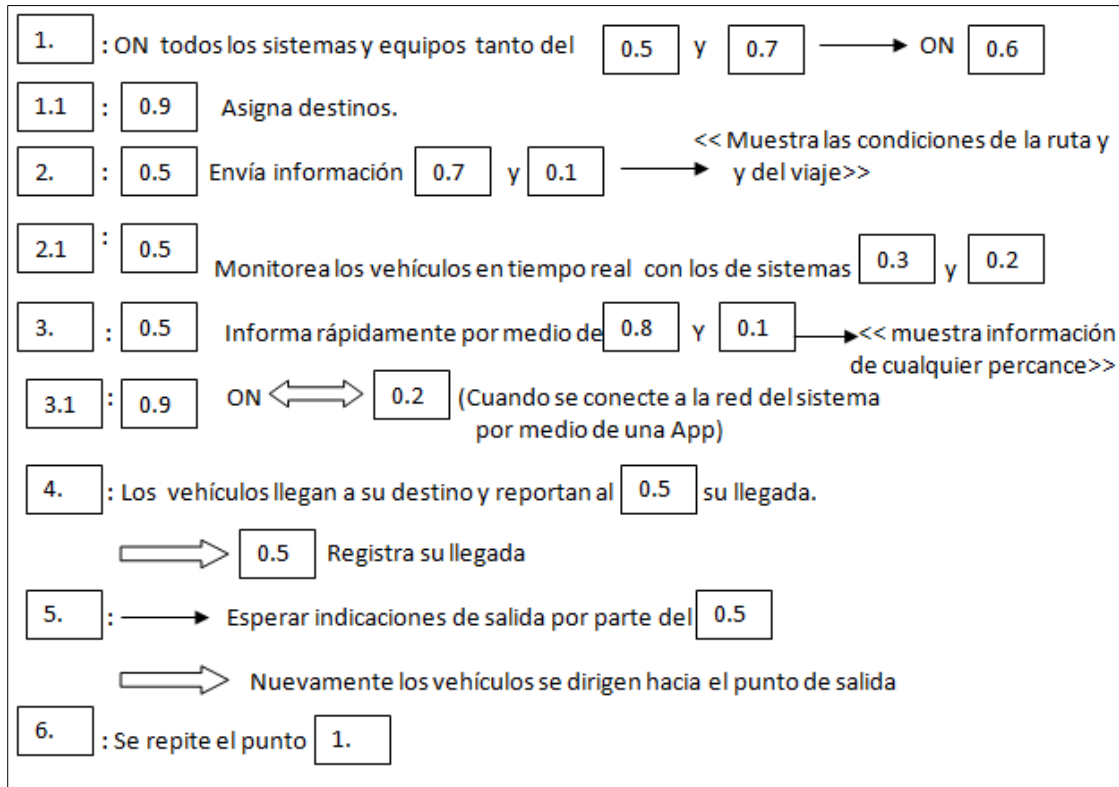
10. Se repite al punto 4.

**Fuente:** Elaborado en base a los procesos que tiene que desempeñar el sistema ITS en el sistema BRT.

### Arquitectura lógica.



**Fuente:** Elaborado en base a los procesos que tiene que desempeñar el sistema ITS en el sistema BRT.



**Fuente:** Elaborado en base a los procesos que tiene que desempeñar el sistema ITS en el sistema BRT.

### 3. Arquitectura Física.

En esta arquitectura se describen los elementos físicos que integran a los sistemas inteligentes, así mismo son el equipo requerido para concebir la operación del sistema.

#### Equipo que integra el ITS por vehículo.

1. Equipo de conectividad inalámbrica Wi-Fi.
2. Código de APP (para el celular) proporcionada por la empresa que opere el corredor BRT por medio de su página web.
3. Cámaras de seguridad: CCTV.
4. Equipo de telecomunicaciones (telemática).

5. Dos tableros de pantalla Led informativo (frente y lateral derecho).
6. Una Pantalla plana de 21 pulgadas.
7. Sistemas de posicionamiento satelital (GPS).
8. Equipo de audio (altavoces).
9. Equipo de radio frecuencia de onda larga.

**Equipo externo con que cuentan las unidades.**

Las unidades que integran la flota de los vehículos Volvo 7300 articulado cuentan con sistemas de video vigilancia, radio de comunicación, localizador satelital (GPS) y botón de alerta con conexión directa al PCC del corredor BRT, letreros de ruta electrónicos, sistema de freno antibloqueo y antideslizamiento, freno de compresión de motor y de obstrucción de escape, sistema de control de presión para neumáticos y piso antiderrapante; además, todos los operadores del sistema BRT deberán ser capacitados para brindar el servicio de acuerdo a las condiciones requeridas, y actuar con eficiencia al surgir una externalidad en el sistema (seguridad y primeros auxilios).

**Dispositivos de control y comunicación:**

Sistemas CCTV, radio comunicación, Wi-Fi, sistema de posicionamiento satelital (GPS), Software para comunicación con teléfono inteligente y pantallas LED 21” al conectarse con el sistema Wi-Fi del vehículo. Ver tabla A.1

**Tabla A.1** Requerimientos mínimos para implementar un sistema ITS dentro de los vehículos Volvo 7300 articulados.

| <b>Sistema ITS en el autobús (BRT).</b> |                |  |
|-----------------------------------------|----------------|--|
| <b>Requerimientos:</b>                  |                |  |
| <b>Pasillo</b>                          | 23 m largo     |  |
|                                         | 2.5 m ancho    |  |
|                                         | 3.8 m altura   |  |
| <b>Motor y sistema</b>                  | Motor a diesel |  |

|                                      |                                                    |  |                  |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------|--|------------------|
| <b>de combustible</b>                | Volvo DH12E                                        |  |                  |
|                                      | 6 cilindros en línea                               |  |                  |
| <b>Infraestructura (Instalación)</b> | Canaletas                                          |  |                  |
|                                      | Conexión                                           |  | Electricidad     |
| <b>Equipo</b>                        | Cámara domo                                        |  | Red: datos - A/V |
|                                      | Cámara fija                                        |  |                  |
|                                      | DVR                                                |  |                  |
|                                      | Cable (CCTV)                                       |  |                  |
|                                      | Cableado                                           |  |                  |
|                                      | Cable (corriente)                                  |  |                  |
|                                      | Pantalla                                           |  |                  |
|                                      | Instalación                                        |  |                  |
|                                      | Garantía                                           |  |                  |
| <b>Stock del sistema</b>             | Colocado en oficina de seguridad del patio central |  |                  |

**Fuente:** Elaborado en base a la ficha técnica de Volvo autobuses de México. (2015) Volvo 7300 BRT. [Imagen 4.8]. Obtenida de: <http://www.volvobuses.com/SiteCollectionDocuments/VBC/Mexico%20-%20ILF/fichas%20t%C3%A9cnicas/Especificaciones%20Técnicas%207300.pdf>.

### Otros requerimientos necesarios para operar el ITS.

Empresas dedicadas a la consultoría y gestión de tránsito e ITS, así como publicidad en general.

1. Tableros de mensajes dinámicos de información.
2. Centros de gestión de tránsito.
3. Software de integración de sistemas.
4. Centros de capacitación para personal que opere el sistema.

#### 4. Diagramas de Conexiones (EFS).

Es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. Los personajes o entidades que participarán en un caso de aplicación de uso se denominan actores. En el contexto de ingeniería es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema.

En las siguientes tablas se muestran los elementos físicos EFS (simbología), y todos los actores que intervienen en el sistema ITS, descritos por letras y números para una fácil identificación. Ver tablas A.3 y A.2

**Tabla A.3 Elaboración del equipo (autobús)  
Simbología EFS.**

| Unidad                    | Nomenclatura |
|---------------------------|--------------|
| Red                       | A            |
| Radio                     | B            |
| PCC                       | C - J        |
| SSP - Iztapalapa          | SSP - DF     |
| Satelital                 | D            |
| Computo                   | E            |
| Autobús                   | F            |
| Pantallas                 | G            |
| Video/Vigilancia interna  | H            |
| Video/Vigilancia externa  | I            |
| Cámaras                   | C1 y C2      |
| Antenas                   | AT           |
| Radiofrecuencia           | CVLD         |
| Sistema de videograbación | DVR          |
| Pantalla                  | PT           |

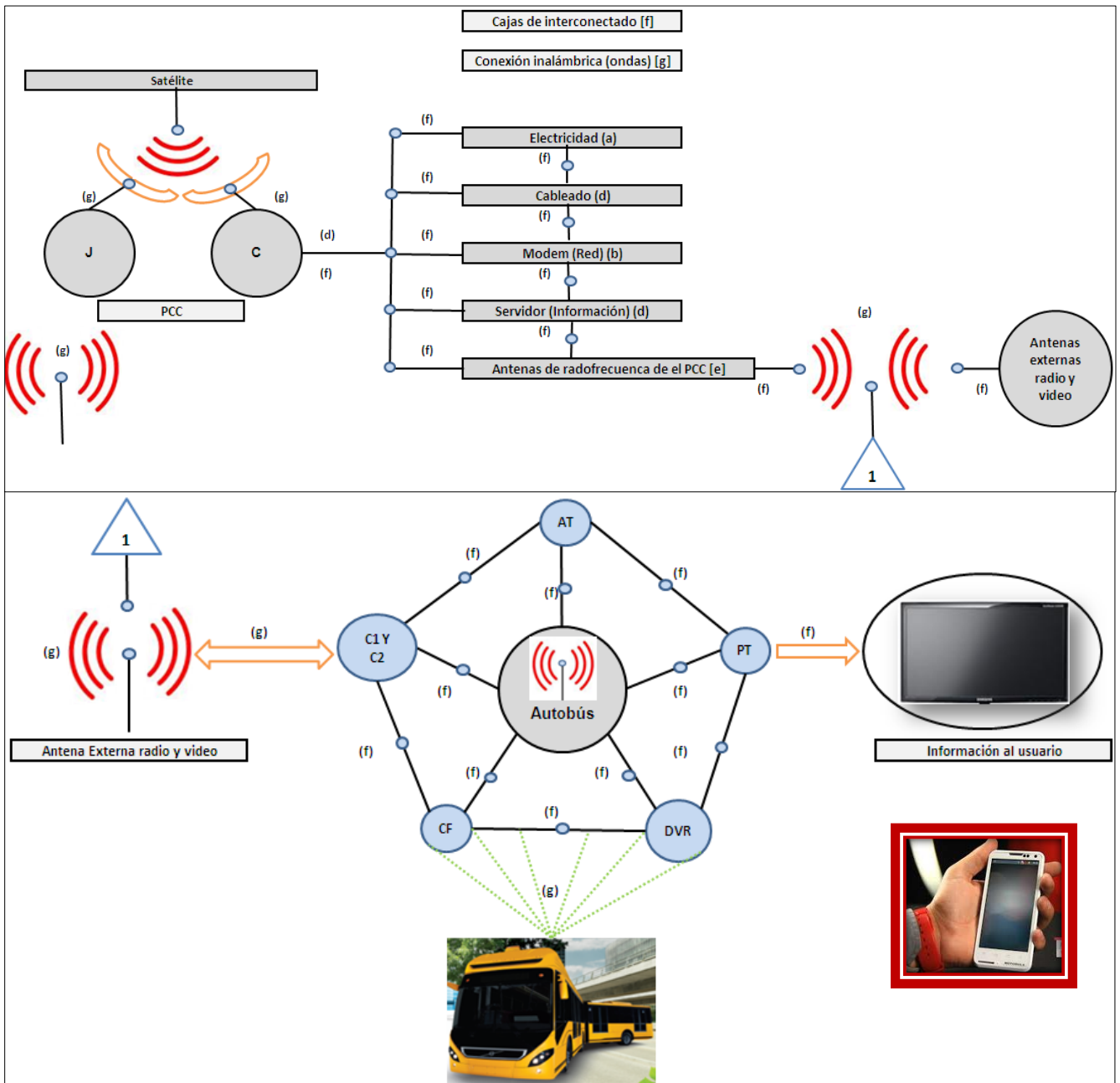
**Tabla A.2 Elaboración del equipo (PCC).  
Simbología EFS.**

| Unidad                                | Nomenclatura |
|---------------------------------------|--------------|
| Cajas de interconectado               | (f)          |
| Conexión inalámbrica (ondas)          | (g)          |
| Electricidad                          | (a)          |
| Cableado                              | (d)          |
| Modem (red)                           | (b)          |
| Servidor (información)                | (c)          |
| Antenas de telecomunicaciones del PCC | (e)          |

**Fuente:** Elaboradas en base a la lista de EFS del sistema ITS propuesto.

En el diagrama A.1 se muestra la configuración del diagrama de EFS para el sistema del vehículo BRT y todas las interacciones con el sistema en general.

**Diagrama A.1 Elaboración propia, diagrama de conexiones (EFS).**



**Fuente:** Elaborado en base a la lista de EFS propuesto y su interacción, entre cada elemento y los sistema ITS y el vehículo Volvo 7300 articulado

## 5. Generación de Elementos Físicos (EFS).

**Tabla de conectividad** (simbología). Es la interacción que tienen los elementos físicos (EFS) unos con otros del sistema de estudio, como se muestra en la tabla 5.1.

**Imagen A.4** Conectividad del sistema ITS en el sistema BRT.

| Conectividad | Satelital | Telecomunicaciones y radio frecuencia | Computadoras (centro de control) | CCTV | Información (Audio y Video) |
|--------------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|------|-----------------------------|
| UPM          | ✓         | ✓                                     | ✓                                | ✓    | X                           |
| UPE 1        | ✓         | ✓                                     | ✓                                | ✓    | X                           |
| UPE 2        | ✓         | ✓                                     | X                                | ✓    | ✓                           |
| UPE 3        | ✓         | X                                     | X                                | ✓    | ✓                           |

**Fuente:** Elaborado en base a EFS del sistema ITS propuesto.

Donde:

- 1) **UPM:** Centro de control.
- 2) **UPE 1:** Antena de WI-FI, equipo de telecomunicaciones y sistema GPS.
- 3) **UPE 2:** Vehículo (autobús articulado).
- 4) **UPE 3:** Pantalla informativa al usuario.
- 5) **CCTV:** Circuito cerrado de televisión.

### Lista de EFS requerida para el sistema ITS.

A continuación como se muestra en la siguiente tabla se visualizan los EFS, de acuerdo a las necesidades del sistema ITS que se incluirán en los vehículos del sistema BRT.

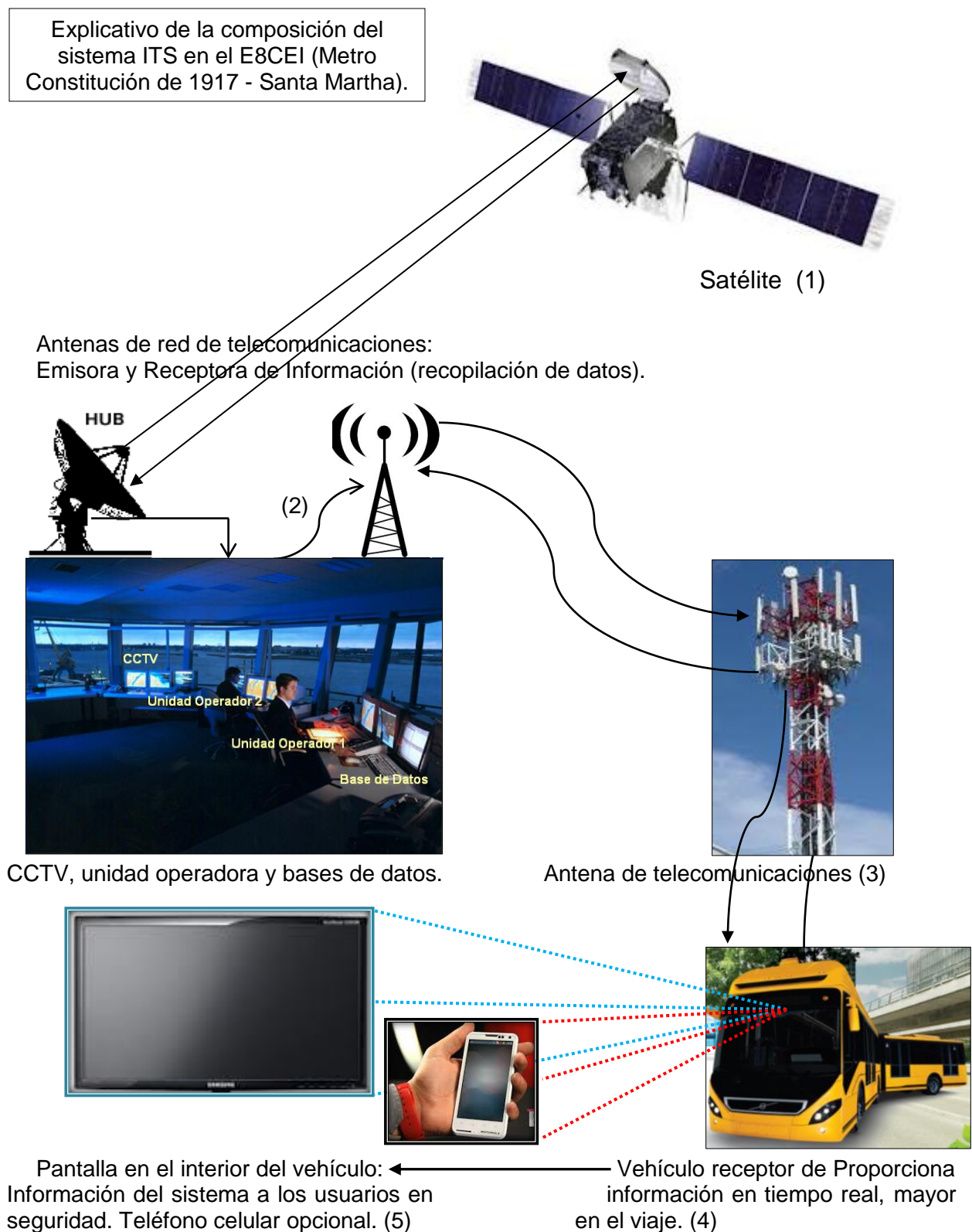
**Imagen A.5** Lista de EFS.

| Equipo                                                           | Cantidad                   | Ubicación                  |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sistemas: Wi-Fi, CCTV Y DVR                                      | <b>15 autobuses (BRT).</b> | <b>Dentro del autobús.</b> |
| Sistemas de localización Satelital (GPS).                        |                            |                            |
| Pantalla LED de 21".                                             |                            |                            |
| Pantalla LED para texto informativo.                             |                            |                            |
| Sistema de radio frecuencia y telecomunicaciones (comunicación). |                            |                            |
| Altavoces 10 watts.                                              |                            |                            |

**Fuente:** Elaborada en base a las características del sistema ITS propuesto para los vehículos Volvo 7300 articulados.

## 6. Diagramas operativos.

### 6.1. Diagrama esquemático para el ITS en los vehículos BRT.



## ÍNDICE DE FIGURAS.

### CAPITULO II.

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 Los tres aspectos que conforman el desarrollo sostenible.....                                                                               | 20 |
| Figura 2.2 Operación independiente: dos rutas (A, B) y operación interconectada: cuatro rutas (A, B, C y D), de acuerdo a Ángel Molinero M. 1998. .... | 26 |
| Figura 2.3 Pirámide invertida con preferencia de movilidad.....                                                                                        | 29 |
| Figura 2.4 Principios de la Movilidad. ....                                                                                                            | 30 |

### CAPITULO IV.

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.1 Flexión vertical y horizontal de un autobús articulado Volvo 7300. ....                                                               | 91  |
| Figura 4.2 Características del vehículo de proyecto autobús articulado. ....                                                                     | 92  |
| Figura 4.3 Características y patrón de giro (PG) de un autobús Volvo 7300 articulado. ....                                                       | 93  |
| Figura 4.4 Trayectoria del patrón de giro (PG) de un autobús articulado.....                                                                     | 96  |
| Figura 4.5 Radios de giro de una curva circular, tomando como prototipo el vehículo Volvo 7300 articulado en distintos ángulos de apertura. .... | 98  |
| Figura 4.6 Radios de giro de una curva circular, en distintos ángulos de apertura. ....                                                          | 99  |
| Figura 4.7 Elementos geométricos para el grado de curvatura de una curva circular para el diseño de carreteras. ....                             | 100 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS.

### CAPITULO III.

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 3.1 Población de Iztapalapa por década, desde el año 1950 hasta el año 2015. . | 39 |
| Gráfica 3.2 Tipo de vivienda en Iztapalapa, para la zona de estudio. ....              | 47 |
| Gráfica 3.3 Tenencia de vivienda en Iztapalapa, para la zona de estudio. ....          | 48 |

### CAPITULO IV.

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 4.1 Ascensos y descenso de la ruta – 112 GMT. ....   | 61 |
| Gráfica 4.2 Ascensos, descenso y abordo del RTP 52 – C. .... | 63 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfica 4.3 Ascensos, descensos y abordó ruta - 14 (transporte público concesionado)...  | 65 |
| Gráfica 4.4 Tasa de crecimiento de Iztapalapa y la Cd. de México.....                    | 85 |
| Gráfica 4.5 Población total de Iztapalapa, para una estimación a futuro de 15 años. .... | 87 |

## CAPITULO V.

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfica 5.1 Economía de combustible.....                           | 121 |
| Gráfica 5.2 Flujo de efectivo, pago del sistema ITS en un año..... | 130 |

## ÍNDICE DE IMÁGENES.

### CAPITULO I.

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 1.1 Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con Av. Reforma Económica.....      | 10 |
| Imagen 1.2 Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....                                                 | 11 |
| Imagen 1.3 Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con Av. Santa Cruz Meyehualco. .... | 11 |
| Imagen 1.4 Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) Av. De las Minas. ....                                | 12 |
| Imagen 1.5 Eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa) y su intersección con eje 6 Sur. ....                 | 12 |
| Imagen 1.6 Equipo de conteo vehicular EPSILO NT. ....                                                | 18 |
| Imagen 1.7 Dispositivo GPS Data Logger 747+ (A+ GPS Recorder).....                                   | 18 |

### CAPITULO III.

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 3.1 Ubicación del CETRAM Constitución de 1917, vista de planta. ....              | 43 |
| Imagen 3.2 Ubicación del CETRAM Santa Marta, vista de planta. ....                       | 43 |
| Imagen 3.3 CETRAM Constitución de 1917, ascenso y descenso en cualquier lugar. ....      | 53 |
| Imagen 3.4 CETRAM Santa Martha, modos de transporte.....                                 | 54 |
| Imagen 3.5 Transporte público y particular, Av. Minas. Eje 6 Sur Ermita Iztapalapa. .... | 54 |
| Imagen 3.7 CETRAM Constitución de 1917 del STC. ....                                     | 57 |
| Imagen 3.8 CETRAM Santa Martha del STC. ....                                             | 57 |

## CAPITULO IV.

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Imagen 4.1 Ruta -14. Velocidad – distancia y altitud. ....                                                                      | 66  |
| Imagen 4.2 Ruta - 112 GMT. Velocidad – distancia y altitud. ....                                                                | 67  |
| Imagen 4.3 RTP 52 – C. Velocidad – Distancia y altitud.....                                                                     | 68  |
| Imagen 4.4 RTP 52 – C. Velocidad – Distancia y altitud.....                                                                     | 69  |
| Imagen 4.5 Velocidad – distancia y altitud.....                                                                                 | 70  |
| Imagen 4.6 Volvo 7300 articulado, vista lateral. ....                                                                           | 88  |
| Imagen 4.7 Volvo 7300 doblemente articulado, vista lateral. ....                                                                | 88  |
| Imagen 4.8 Volvo 7300 articulado EU5. ....                                                                                      | 89  |
| Imagen 4.9 Dimensiones y capacidad del autobús Volvo 7300 articulado.....                                                       | 89  |
| Imagen 4.10 Triangulo para la apertura del cuerno, del autobús Volvo 7300 articulado. ...                                       | 95  |
| Imagen 4.11 Radios de giro en la zona de estudio del CETRAM Constitución de 1917, del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). .... | 102 |
| Imagen 4.12 Radios de giro de la zona 1-A, CETRAM Constitución de 1917.....                                                     | 103 |
| Imagen 4.13 Radios de giro de la zona 2-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....                    | 105 |
| Imagen 4.14 Radios de giro de la zona 3-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....                    | 106 |
| Imagen 4.15 Radios de giro de la zona 4-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....                    | 107 |
| Imagen 4.16 Radios de giro de la zona 5-A, Periférico Oriente y el eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....                    | 108 |
| Imagen 4.17 Radios de giro en la zona de estudio, del CETRAM Santa Martha y la carretera Federal México - Puebla. ....          | 109 |
| Imagen 4.18 Radios de giro de la zona 1-B, CETRAM Santa Martha.....                                                             | 110 |
| Imagen 4.19 Radios de giro de la zona 2-B, en un tramo de acceso al CETRAM Santa Martha. ....                                   | 111 |
| Imagen 4.20 Radios de giro de la zona 3-B, curva para ingresar al CETRAM Santa Martha. ....                                     | 112 |

## CAPITULO V.

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Imagen 5.1 Tramo uno: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).....                                                              | 114 |
| Imagen 5.2 Tramo dos: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa).....                                                              | 115 |
| Imagen 5.3 Tramo tres: Vialidad actual en el puente de la concordia, que divide la Cd. de México y el Edo. México de la zona de estudio.....                          | 116 |
| Imagen 5.4 Vista frontal uno: Vialidad actual de la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa), con sus respectivas características. ....                | 117 |
| Imagen 5.5 Vista de planta: Propuesta final de un sistema masivo de transporte BRT inteligente, en el tramo a estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa). ....   | 118 |
| Imagen 5.6 Vista frontal dos: Vialidad futura con la implementación de un sistema BRT inteligente, en la zona de estudio del eje 8 sur (Calz. Ermita Iztapalapa)..... | 119 |

## ÍNDICE DE MAPAS.

### CAPITULO I.

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 1.1 Localización geográfica del tramo a estudio eje 8 sur Calz. Ermita Iztapalapa. | 14 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|

### CAPITULO II.

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 3.1 Población por AGEB en la zona de estudio. ....                                                   | 41 |
| Mapa 3.2 Usos de suelo de la zona de estudio y parte de la delegación Iztapalapa.....                     | 45 |
| Mapa 3.3 Servicios en la zona de estudio en un área de influencia de 500 metros. ....                     | 46 |
| Mapa 3.4 Red Vial de la zona de estudio (Parte de la red vial de la delg. Iztapalapa y Edo. México). .... | 52 |

### CAPITULO IV.

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 4.1 Rutas de transporte público y concesionado de la zona de estudio (CETRAM). 75 |    |
| Mapa 4.2 Demanda potencial (DP) de la zona de estudio. ....                            | 83 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

### CAPITULO III.

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 3.1 Población de Iztapalapa y su porcentaje con respecto a la población de la Cd. de México. .... | 39 |
| Tabla 3.2 CETRAMS pertenecientes de la delegación Iztapalapa. ....                                      | 55 |

### CAPITULO IV.

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 4.1 Ascensos, descensos y abordó GMT ruta - 112. ....                                                  | 60  |
| Tabla 4.2 Ascensos, descensos y a bordo del RTP 52 – C. ....                                                 | 62  |
| Tabla 4.3 Ascensos, descensos y abordó, ruta 14 (transporte concesionado). ....                              | 64  |
| Tabla 4.4 Rutas de transporte CETRAM - Santa Martha (origen – destino – origen). ....                        | 72  |
| Tabla 4.5 Rutas de transporte CETRAM - Constitución de 1917(origen – destino – origen).<br>.....             | 73  |
| Tabla 4.6 Porcentaje de población que utiliza transporte público. ....                                       | 80  |
| Tabla 4.7 Porcentaje de personas que utiliza transporte público y el promedio de viajes por<br>persona. .... | 80  |
| Tabla 4.8 Datos requeridos para estimar la Demanda Potencial (DP), por acumulación de<br>oportunidades. .... | 81  |
| Tabla 4.9 Población de Iztapalapa y la Cd. de México con su respectiva tasa de<br>crecimiento. ....          | 84  |
| Tabla 4.10 Características para el PG, de un autobús articulado Volvo 7300. ....                             | 94  |
| Tabla 4.11 Apertura del cuerno (x) y la longitud de arco. ....                                               | 95  |
| Tabla 4.12 Cálculo de los radios de giro de la zona 1-A, y sus distancias asociadas. ....                    | 104 |
| Tabla 4.13 Cálculo de los radios de giro de la zona 2-A, y sus distancias asociadas. ....                    | 105 |
| Tabla 4.14 Cálculo de los radios de giro de la zona 3-A, y sus distancias asociadas. ....                    | 106 |
| Tabla 4.15 Cálculo de radios de giro de la zona 4-A, y sus distancias asociadas. ....                        | 107 |
| Tabla 4.16 Cálculo de radios de giro de la zona 5-A, y sus distancias asociadas. ....                        | 108 |
| Tabla 4.17 Cálculo de radios de giro de la zona 1-B, y sus distancias asociadas. ....                        | 110 |
| Tabla 4.18 Cálculo de radios de giro de la zona 2-B, y sus distancias asociadas. ....                        | 111 |
| Tabla 4.19 Cálculo de radios de giro de la zona 3-B, y sus distancias asociadas. ....                        | 112 |

## CAPITULO V.

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 5.1 Características operacionales para calcular la economía de combustible en un sistema BRT (datos reales en base a nuestra zona de estudio)..... | 122 |
| Tabla 5.2 El vehículo Volvo BRT ofrece la mejor economía de combustible (datos reales en base a la zona de estudio).....                                 | 122 |
| Tabla 5.3 La economía de combustible de un sistema BRT en el mercado mexicano.....                                                                       | 123 |
| Tabla 5.4 Lista de cotización de elementos físicos (EFS), para el vehículo BRT 7300 articulado. ....                                                     | 125 |
| Tabla 5.5 Proyección financiera del sistema ITS. ....                                                                                                    | 127 |
| Tabla 5.6 Ingresos por el servicio del sistema BRT e ITS por: viajes/usuarios. ....                                                                      | 127 |
| Tabla 5.7 La viabilidad del proyecto del sistema ITS a implementar.....                                                                                  | 128 |
| Tabla 5.8 Pago total del sistema ITS, con un horizonte de vida útil de 8 años.....                                                                       | 128 |
| Tabla 5.9 Costo total del sistema ITS a implementar.....                                                                                                 | 129 |
| Tabla 5.10 Costo total mínimo requerido para la propuesta BRT a implementar. ....                                                                        | 131 |
| Tabla 5.11 Comparativa entre otros modos de sistemas de transporte. ....                                                                                 | 132 |