



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**DISEÑO DE TRAZO Y ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN  
TECNOLÓGICA MÁS EFICIENTE PARA EL CORREDOR  
TRONCAL LA QUEBRADA – ETRAM DE 4 CAMINOS**

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN INGENIERÍA  
EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Presenta:

**PABLO PALACIOS PÉREZ**

Asesor de tesis:

**DR. OSCAR LUIS SÁNCHEZ FLORES**

Puebla, Pue.

Junio 2016

Puebla, Pue., a 14 de Abril de 2016

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ.

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA BUAP.

PRESENTE

Por este conducto el suscrito Ing. Pablo Palacios Pérez alumno de la maestrías en ingeniería en Tránsito y Transporte, además de saludarlo, me permito solicitar atentamente a usted, autorizar mi tema de tesis denominado "Diseño de trazo y elección de la solución tecnológica más eficiente para el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos" así mismo se me asigne director de la misma.

No dudando de su atención me despido y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

  
Ing. Pablo Palacios Pérez



c.c.p M. I. Jorge A. Caraza Islas.- Coordinador de la Maestría en I. en T. y T.

c.c.p. interesado o archivo personal

*Propuesta de director:  
Dr. Oscar Sánchez Flores*

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

**M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE LA FACULTAD INGENIERIA**

**P R E S E N T E**

El que suscribe conforme al oficio No 1100/2016, asesor del tema de tesis denominado:

**“DISEÑO DE TRAZO Y ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA MÁS EFICIENTE PARA EL CORREDOR TRONCAL LA QUEBRADA - ETRAM DE 4 CAMINOS”** del alumno de la maestría en Ingeniería opción Tránsito y Transporte de la Facultad de Ingeniería **PABLO PALACIOS PÉREZ**

me permito informarle que **después de haber revisado cuidadosamente** el contenido temático, la metodología, la redacción y la ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la misma.

Se hace de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Zaragoza, 16 de junio de 2016.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Oscar Luis Sanchez Flores", is written over a light blue circular stamp. The signature is fluid and cursive.

**DR. OSCAR LUIS SANCHEZ FLORES**

**ASESOR DE TESIS**

Ccp. Interesado

Expediente

## **Dedicatoria.**

Mi más amplio reconocimiento y admiración al Dr. Oscar Sánchez Flores quien me inició y guio en la mayor parte de esta investigación.

Gracias a mi madre la Sra. Esperanza Pérez Guzmán por confiar en mí, por guiarme, escucharme, forjarme y acompañarme a cada paso y por darme la vida.

Por último, pero con todo mi cariño y amor a mis hermanas Enedelia, a mi hermana María Isabel y a mi hermana Diana Laura por su fortaleza y grandeza, a la Ingeniera Marisol Domínguez por estar conmigo y apoyarme. Gracias Dios por darme la oportunidad de seguir viviendo

# Índice

<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>VIII</b>
Introducción .....	9
Planteamiento del problema.....	11
Justificación .....	12
Objetivos ..13	
Objetivo general .....	13
Objetivos particulares.....	13
Hipótesis ..13	
Metodología .....	14
Estructura de la tesis .....	15
<b>CAPÍTULO I.-.....</b>	<b>16</b>
<b>Marco Teórico .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Problemática del Transporte .....</b>	<b>16</b>
1.2Características de la demanda del transporte .....	16
1.2.1 Características de la oferta de transporte .....	17
1.2.2 La oferta y la demanda de servicios de transporte de pasajeros .....	18
<b>1.3 Generalidades de la modelación .....</b>	<b>18</b>
1.3.1 La simulación.....	19
1.3.2 Características negativas de la simulación.....	19
1.3.3 Proceso de la simulación.....	20
<b>1.4 Encuesta Origen – Destino .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 El enfoque de transporte publico.....</b>	<b>21</b>

<b>1.6 Componentes físicos de los sistemas de transporte.....</b>	<b>21</b>
1.6.1 Características de los sistemas de transporte .....	22
1.6.2 Indicadores de desempeño del sistema .....	22
<b>1.7 Transporte publico convencional vs BRT.....</b>	<b>23</b>
<b>1.8 Análisis de la demanda de un sistema BRT.....</b>	<b>24</b>
1.8.1 Conceptos generales de planeación de transporte público.....	24
<b>1.9 El proceso de la planeación del transporte .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>29</b>
<b>Análisis diagnóstico del corredor la Quebrada - Etram de 4</b>	
<b>Caminos.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Análisis de la situación actual del transporte público en el</b>	
<b>corredor.....</b>	<b>29</b>
2.2 Análisis y diagnóstico de la situación actual .....	29
2.2.1 Estudios analizados.....	30
2.2.2 Ámbito espacial y zona de influencia del corredor.....	30
<b>2.2.3 Ámbito de estudio.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 Inventario de rutas y selección de rutas a analizar.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4 Encuesta Origen Destino .....</b>	<b>33</b>
2.5 Estadística descriptiva.....	36
2.5.1 Motivos principales de viaje .....	37
2.5.2 Frecuencia de viajes.....	38
2.5.3 Tiempos de viaje .....	39
2.5.4 Costo de viaje.....	40
<b>2.6 Estudio de Ascenso y descenso de pasajeros .....</b>	<b>41</b>
<b>2.7 Estudio de Frecuencia de paso y ocupación visual .....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO III.-.....</b>	<b>51</b>

<b>DESARROLLO DEL MODELO PARA LA ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL CORREDOR LA QUEBRADA – ETRAM DE 4 CAMINOS.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Metodología .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2 Caracterización de la oferta de transporte publico .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.1 Red de vialidades.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.2 Datos operativos de la red vial.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.5 Datos operativos de las paradas de transporte publico.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3 Caracterización de la demanda .....</b>	<b>61</b>
<b>3.4 Expansión de la matriz Origen - Destino.....</b>	<b>62</b>
<b>3.5 Calibración del modelo de transporte publico .....</b>	<b>64</b>
<b>3.5.1 Calibración.....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO IV.-.....</b>	<b>66</b>
<b>Selección tecnológica más eficiente para el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1 Diseño de la Ruta Troncal .....</b>	<b>66</b>
<b>4.2 Integración de rutas alimentadoras .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3 Criterios de acciones a seguir para establecer rutas alimentadoras .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4 Propuesta de alimentación del proyecto .....</b>	<b>69</b>
<b>4.5 Propuesta con 12 rutas alimentadoras .....</b>	<b>69</b>
<b>4.6 Diagrama de Carga Situación con Proyecto.....</b>	<b>72</b>
<b>4.7 Evaluación de la situación sin proyecto .....</b>	<b>74</b>
<b>4.8 Evaluación de la situación con proyecto .....</b>	<b>75</b>
<b>4.9 Dimensionamiento de la Situación actual y con proyecto .....</b>	<b>77</b>

<b>Conclusiones .....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>80</b>

## Índice de Figuras

FIGURA 2.1. MUNICIPIOS DE INFLUENCIA EN EL CORREDOR DE ESTUDIO .....	30
FIGURA 2.2. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO CORREDOR TRONCAL LA QUEBRADA – ETRAM 4 CAMINOS.....	31
FIGURA 2.3. UNIVERSO DE RUTAS EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	32
FIGURA 2.4 MOTIVOS PRINCIPALES DE VIAJE .....	37
FIGURA 2.5. FRECUENCIA DE VIAJES A LA SEMANA .....	38
FIGURA 2.6. TIEMPOS DE VIAJE .....	39
FIGURA 2.7. COSTO DE VIAJE .....	40
FIGURA 2.8. RESUMEN DE ASCENSO Y DESCENSO DE LA RUTA 05.....	42
FIGURA 2.10. PASAJEROS OBSERVADOS POR PUNTO DE AFORO.....	46
FIGURA 2.11. APORTACIÓN DE UNIDADES POR RUTA EN DIFERENTES PERIODOS (FOV 01) .	47
FIGURA 3.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE UN SISTEMA BRT .....	54
FIGURA 3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE VIALIDADES .....	56
FIGURA 3.3 DATOS OPERATIVOS DE LA RED VIAL.....	57
FIGURA 3.5 DATOS OPERATIVOS DE PARADAS DE TRANSPORTE PUBLICO .....	60
FIGURA 3.6. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA (MATRIZ OD).....	61
FIGURA 3.7 COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA EN HDM.....	62
FIGURA 3.8 COMPARATIVA DE LA DEMANDA EN HDM .....	65
FIGURA 4.1 EJE DE TRAZO DE PROYECTO .....	67
FIGURA 4.2 EJE DE TRAZO DE PROYECTO Y RUTAS ALIMENTADORAS .....	71
FIGURA 4.3 DIAGRAMAS DE CARGA SENTIDO NORTE -SUR .....	72
FIGURA 4.4 DIAGRAMAS DE CARGA SENTIDO SUR - NORTE .....	73
FIGURA 4.5 RED DE TRANSPORTE PÚBLICO (SITUACIÓN ACTUAL).....	74
FIGURA 4.6 RED DE TRANSPORTE PÚBLICO (SITUACIÓN CON PROYECTO).....	75

## Índice de Tablas

TABLA 2.1. EXPANSIÓN DE LA MATRIZ ORIGEN - DESTINO.....	34
TABLA 2.2 ORIGEN/ DESTINO DE VIAJES.....	35
TABLA 2.3 MOTIVOS Y NÚMEROS DE VIAJES .....	37
TABLA 2.4 FRECUENCIA Y NÚMERO DE VIAJES.....	38
TABLA 2.5: TIEMPO DE VIAJE.....	39
TABLA 2.6: COSTO DE VIAJE.....	40
TABLA 2.7. PASAJEROS PARA CADA PERIODO DE AFORO (PUNTO 1.1).....	45
TABLA 2.8. OCUPACIÓN Y DEMANDA DE LA RUTA 05.....	48
TABLA 2.9. PASAJEROS OBSERVADOS EN LOS PUNTOS DE AFORO .....	49
TABLA 2.10. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE RUTAS A ANALIZADAS.....	50
TABLA 3.1 ATRIBUTOS DE LA RED VIAL .....	57
TABLA 3.2 ATRIBUTOS DE LAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	59
TABLA 3.3. EXPANSIÓN DE LA MATRIZ ORIGEN - DESTINO.....	63
TABLA 4.1 ESTACIONES PROPUESTAS .....	66
TABLA 4.2. PROPUESTA DE ALIMENTACIÓN.....	69
TABLA 4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO .....	77
TABLA 4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO .....	78

## **Introducción**

El transporte de pasajeros en áreas urbanas constituye un problema cada vez más importante en nuestra sociedad. En los últimos años se ha demostrado empíricamente que la construcción de infraestructura o la ampliación de las vías existentes no es una solución adecuada a este problema, sino que se debe planificar el transporte de pasajeros otorgando incentivos al uso de transporte público, para intentar disminuir los efectos contaminantes que produce la operación del sistema de transporte: congestión, accidentes, contaminación, etc.

Los desarrollos en los análisis de demanda de transporte son importantes, incorporando en ocasiones metodologías que han sido desarrolladas en otras áreas del conocimiento científico. Sin embargo, no siempre se le da la importancia necesaria al estudio riguroso de los aspectos que influyen de alguna manera en el comportamiento de viajes. Nos encontramos en un sistema compuesto de múltiples y variados elementos que requieren de un ejercicio de planificación importante para no malgastar recursos públicos, así como evitar los problemas derivados de una oferta de transporte que realmente no provea el servicio demandado. Estamos hablando de intentar considerar todos los elementos que interactúan en el desarrollo de las ciudades y la necesidad de, por ejemplo, planificar paradas y nuevas líneas de buses ante una ampliación territorial de una zona determinada. También se requiere desarrollar la capacidad de valorar todos los costos ambientales que cada modo de transporte genera para que la toma de decisiones de política sea la más correcta posible (Espino 2003).

Los agudos problemas de tránsito y transporte que se presentan en la zona de estudio. Particularmente durante las horas punta, se derivan en gran medida del acelerado crecimiento del parque vehicular, desorden generalizado, y de la mala planeación del sistema de rutas de transporte público de pasajeros, integrados en gran medida por vehículos obsoletos e inadecuados para el transporte de personas, generado contaminación e inseguridad, tanto como a usuarios como a peatones, adicionado a todo esto la falta de un plan de mantenimiento vial y de una adecuada infraestructura vial y de transporte, acorde al crecimiento de la zona de estudio.

Debido a esta problemática es urgente el diseño de estrategias orientadas a la solución de los conflictos de tránsito y transporte, mediante planes de la recuperación de la red vial y el uso racional de la misma, por medio de sistemas de transporte masivo de personas acorde con sus necesidades reales de viaje y con un mínimo de seguridad y comodidad.

La Av. Gustavo Baz Prada se considera como uno de los más importantes ejes longitudinales viales al Norponiente de la Zona Metropolitana del Valle de México, los municipios de impacto de esta vialidad son Tlalnepantla de Baz y Naucalpan de Juárez, con influencia directa en los municipios de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli y Tultitlan, además de dar continuidad a la Av., Adolfo López Mateos, le da cabida la parque vehicular proveniente principalmente de los municipios de Ecatepec de Morelos y Coacalco.

En este trabajo de tesis se plantea el estudio de la demanda de transporte de pasajeros en el corredor “La Quebrada – Etram de Cuatro Caminos” para establecer una propuesta de trazo y elección tecnológica más adecuada que impacte positivamente en la mejora de la movilidad de los usuarios de la zona nororiente de la zona metropolitana del Estado de la zona metropolitana del estado de México mediante estudios de campo principalmente encuestas de preferencias reveladas.

## **Planteamiento del problema**

La vía Dr. Gustavo Baz Prada se considera como uno de los más importantes ejes longitudinales viales al norponiente de la Zona Metropolitana del Valle de México. Esta vialidad atraviesa los municipios de Tlalnepantla de Baz y Naucalpan de Juárez con influencia de los municipios de Atizapán de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli, esta vialidad le da cabida al parque vehicular proveniente principalmente de los municipios de Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal y Tultitlán de Mariano Escobedo. También es de resaltar que dicha avenida tiene conexiones con vialidades próximas al Distrito Federal.

La problemática actual que se presenta en la vía Dr. Gustavo Baz (para motivos de este trabajo de tesis se denominara “corredor troncal La Quebrada – Etram 4 Caminos), referente al tránsito y transporte particularmente durante las horas de máxima demanda se derivan en gran medida del acelerado crecimiento del parque vehicular, del desorden generalizado y de la mala planeación del sistema de rutas de transporte público de pasajeros, integradas en gran medida por vehículos obsoletos e inadecuados para el transporte de personas, sobreoferta de unidades para ofrecer el servicio, tiempos de recorrido excesivos para los usuarios, falta de infraestructura que tenga las condiciones técnicas para la espera y el abordaje de usuarios a los vehículos de transporte público, que actualmente hacen maniobras de ascenso y descenso en cualquier punto del corredor, adicionalmente a esta problemática en horas de máxima demanda, no existe la cobertura adecuada para la movilidad hacia los puntos de transferencia de mayor demanda, que son las estaciones del Metro Rosario y la estación del Metro 4 Caminos, generándose tiempos de espera y tiempos de transbordo excesivos para los usuarios.

Para atender la problemática referida se ha planteado como solución el rediseño de la red de transporte público a través de un corredor de transporte que opere en la modalidad de transporte masivo. ¿Cuál es el diseño de la red más conveniente desde el punto de vista de la atención de las necesidades de movilidad de los usuarios? ¿Qué trazo debe tener la ruta o sistema de rutas de transporte masivo?, ¿Qué tipo de vehículo o solución tecnológica es la más conveniente para atender las necesidades de movilidad de los usuarios actuales?

## **Justificación**

Con el proyecto del corredor La Quebrada - Etram 4 Caminos se busca tener cobertura de la movilidad proveniente de los municipios que conforman su cuenca de captación: Naucalpan, Tlalnepantla, Tultitlan, Cuautitlán, Coacalco y Ecatepec. De esta forma se ofrecerá un servicio de transporte público atractivo para los usuarios, que impacte positivamente en la reducción de tiempos de espera, reducción de tiempos de viaje y teniendo una comodidad aceptable. La demanda actual en horas de máxima demanda no es atendida satisfactoriamente por las empresas que ofrecen el servicio hacia puntos de transferencia de mayor demanda. Es por ello que este trabajo de tesis se orientará a analizar cómo se distribuye la demanda hacia los puntos de transferencia donde actualmente están las estaciones del metro Rosario y Toreo de 4 caminos, con el fin de hacer una elección tecnológica eficiente en cuanto al trazo y la capacidad del material rodante, considerando los atributos de las rutas de público y atributos de la red vial, con la finalidad de planear adecuadamente un corredor de transporte masivo con vehículos de alta capacidad lo cual requiere el análisis de distintas variables que no solo faciliten la toma de decisiones y elección de la solución tecnológica más eficiente para el corredor en estudio

Los puntos principales en los que se enfocara el trabajo de tesis comprende principalmente: Sistemas de información geográfica: manejo de mapas temáticos, localización espacial de variables de análisis, zonificación, etc.

Modelación de la demanda: análisis de la demanda de la zona de estudio, propuesta del trazo de la situación con proyecto y las estaciones de cobertura del mismo.

Microsimulación del tránsito: estudio detallado del nivel de servicio de la situación actual de las intersecciones más conflictivas de la zona de estudio.

. En este trabajo de tesis se pretende hacer un análisis técnico mediante el apoyo de plataformas computacionales que ofrezcan la facilidad de integración entre si y que permitan la realización de análisis pertinentes.

El análisis se realizará mediante de modelos de demanda de transporte contemplando diferentes propuestas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

La presente tesis analiza el corredor La Quebrada - Etram de 4 Caminos a través de una investigación de campo para desarrollar un modelo que permita la adecuada decisión para el diseño de trazo y elección de la solución tecnológica más eficiente para el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos, mediante estudios de campo y un proceso de modelación de asignación de redes calibrado para tal efecto.

### **Objetivos particulares**

- Investigar y establecer una base teórica de los sistemas integrados de transporte, indicadores operativos y modelos de asignación
- Analizar las condiciones de movilidad en el corredor actual “La Quebrada – Etram de Cuatro Caminos” y elaborar un diagnóstico de la operación y los servicios de transporte público ofertados actualmente.
- Determinar mediante el modelo de asignación de redes de calibrado para replicar la situación actual sin proyecto y con proyecto.
- Realizar el análisis comparativo de la situación actual y con proyecto para determinar las soluciones adecuadas contemplado estaciones de cobertura y estaciones de transferencias.

### **Hipótesis**

La reestructuración de la red actual de transporte público en el corredor La Quebrada-Etram 4 Caminos a un sistema de transporte masivo organizado sobre un eje troncal, así como la elección del trazo y del material rodante más conveniente permitirán a los usuarios actuales satisfacer sus necesidades de movilidad y ahorrar tiempo de viaje, espera y trasbordo.

## **Metodología**

La estimación de la demanda que se tiene en el corredor de estudio se obtendrá con ayuda de un software para la planeación del transporte, con el fin de determinar los deseos de movilidad que se tienen hacia los puntos de transferencia en este caso las estaciones del Metro Rosario y el Metro Toreo de 4 Caminos, para así determinar la solución tecnológica que sea más atractiva para los usuarios y con ello contribuir a estructurar un verdadero sistema de transporte.

El trabajo de tesis se iniciará con el análisis y caracterización de la situación actual a través de la revisión del antecedente que se tiene en cuanto a “estudios de demanda de los Corredores Metropolitanos Cd. Azteca- Coacalco -Lechería y Cuautitlán Izcalli – Tultitlan”, con el fin de tener una referencia de las necesidades de movilidad que actualmente se tienen en la zona de estudio.

La reconstitución de la situación actual permitirá elaborar el Diagnóstico de las condiciones de desplazamiento de las personas y con ello describir la problemática de la movilidad de la situación actual del corredor La Quebrada – Etram de 4 Caminos.

La reconstitución de la situación actual, se sustentará en los siguientes estudios que ya han sido realizados para el periodo e aforo de 16 horas de un día hábil de la semana.

- Inventario de rutas de transporte y datos operativos
- Aplicación de Encuestas OD
- Estudio de frecuencia de paso y ocupación visual
- Estudio de cierre de circuito
- Estudio de ascenso-descenso
- Tiempos de recorrido y demoras

Con el diagnóstico y el procesamiento de los estudios indicados, se procederá a caracterizar la oferta y la demanda a través de un modelo de asignación a redes de transporte público el cual será calibrado en sus parámetros internos, así como en la distribución espacial de viajes (demanda) y los datos operativos del sistema de rutas (oferta) para replicar la situación actual observada.

Esta herramienta de simulación será empleada para el análisis de las alternativas de solución, en particular la elección de:

- Definición del trazo y paradas de transporte público en base a las necesidades de movilidad.
- Elección de la solución tecnológica a partir de las necesidades de la demanda,

Se evaluarán varias alternativas de trazo y de solución tecnológica para determinar cuál es la más conveniente en términos de; ahorro de tiempos de viaje, tiempo de espera y transbordo respecto a la situación actual. Estos resultados permitirán comprobar la hipótesis planteada y elegir aquella alternativa que mejore las condiciones de movilidad de la población estudiada.

### **Estructura de la tesis**

Se han desarrollado cuatro capítulos, además del índice, las referencias y anexos.

En el capítulo actual se presentan los objetivos perseguidos en la investigación, el problema que le dio origen y la hipótesis a comprobar.

En el segundo capítulo se lleva a cabo una revisión bibliográfica que nos muestra el estado del arte de temas relacionados a modelos de transporte, así como las metodologías más usadas, profundizando en los modelos que se consideran más adecuados para la aplicación con el tema de tesis.

En el capítulo tres se desarrolla un modelo de demanda de transporte, partiendo de los resultados obtenidos de la información recabada en campo, para conformar una base de datos con la cual se alimentó el modelo de transporte.

En el cuarto y último capítulo se presenta el diseño de la ruta troncal, las principales rutas alimentadoras, los diagramas de carga y las evaluaciones de los diferentes escenarios, finalmente se recogen las principales conclusiones. Posteriormente, se presentan las referencias de libros, artículos de revistas especializadas y consultas de internet, que han sido consultadas para la mejor comprensión del trabajo realizado.

Al final se muestran el anexo de la base de datos utilizada.

# **CAPÍTULO I.-**

## **Marco Teórico**

### **1.1. Problemática del Transporte**

Los problemas asociados el transporte son ya más globales y serios que nunca, tanto en los países industrializados como en los que están en proceso de desarrollo. La escasez de combustibles líquidos puede no ser un problema serio en la actualidad. Si lo son con la congestión, el elevado consumo de tiempo, la accidentabilidad y los consecuentes problemas medioambientales y de calentamiento global y más crítico hoy que nunca (Ortuzar,2000). Estos problemas no solamente se limitan al tráfico en las calles y/o carreteras o a los vehículos. Probablemente estos problemas no van a desaparecer en un futuro próximo. Ha transcurrido mucho tiempo con poco o inadecuada planificación en el transporte que es seguro que hará falta un esfuerzo importante para mejorar la mayoría de los diversos modos de transporte, tanto en las zonas urbanas como interurbanas. Por lo tanto, dado que los recursos son limitados, dicho esfuerzo ha de ser revisado meticulosamente mediante decisiones ciudadanas orientadas hacia la maximización del beneficio de nuevos servicios de transporte, al mismo tiempo que se minimizan sus costos y efectos colaterales no deseados (Ortuzar & Willumsen, 2011).

### **1.2Características de la demanda del transporte**

La demanda de servicios del transporte es altamente cualitativa y diferenciada. Existe una amplia gama de demandas específicas de transporte que se diferencian por hora del día, día de la semana, motivo de viajes, tipo de mercancía, importancia de la velocidad y frecuencia (Ortuzar & Willumsen, 2011).

Un servicio de transporte sin los atributos que permitan satisfacer esta demanda diferenciada puede ser totalmente inútil. Estas características hacen más difícil analizar y predecir la demanda por servicios de transporte: las ton/km y los pasajeros/km son unidades de rendimiento extremadamente gruesas que esconden una inmensa gama de requerimientos y servicios.

La demanda del transporte es una demanda derivada, es decir no es un fin en sí misma, la gente viaja para satisfacer ciertas necesidades en sus destinos (trabajo, salud, entretenimiento) (Ortuzar, 2000). Por ejemplo, en áreas urbanas es frecuente observar que los niveles de congestión son más elevados en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, que en el resto del día. En el contexto de los viajes interurbanos también es posible detectar componentes estacionales en el comportamiento de la demanda. Estas características dinámicas y espaciales de la demanda, está justificada fundamentalmente por la propia naturaleza de la actividad económica.

Para satisfacer de forma eficiente la demanda de transporte es necesaria la planificación en el corto y largo plazo con un crecimiento bueno y preciso de los distintos atributos que la determinan y la iteración de tres elementos fundamentales: la infraestructura o red, el conjunto formado por los distintos servicios y un sistema de gestión (Ortuzar, 2000)

Los argumentos expuestos justifican la importancia de realizar estudios de demanda que permitan evaluar los proyectos de transporte de la manera más completa posible, en el sentido de que sea factible analizar de forma conjunta los aspectos de la demanda y de la oferta con el fin de conocer el efecto de futuras políticas de transporte que puedan introducirse (por ejemplo, la implementación de una línea de transporte BRT).

### **1.2.1 Características de la oferta de transporte**

La primera característica de la oferta de transporte es que es un servicio y no una mercancía, por lo tanto, no se puede almacenar para ser utilizada cuando exista una demanda mayor. Un servicio de transporte tiene que ser consumido cuando y donde se produce, si no pierde su beneficio (Ortuzar, 2011). Por esta razón es muy importante estimar la demanda con la mayor precisión posible para así ahorrar recursos ajustando la oferta de servicios de transporte en ella.

Una de las características ms importantes de la oferta de transporte es el grado de congestión al que se ha llegado últimamente, sobre todo en áreas urbanas y en algunas

infraestructuras interurbanas. Es difícil definir la congestión objetivamente, aunque todos sabemos cuándo la sufrimos.

### **1.2.2 La oferta y la demanda de servicios de transporte de pasajeros**

La ampliación de la capacidad vial no siempre es la mejor solución para resolver los problemas derivados del crecimiento de la demanda de transporte de pasajeros; mayor capacidad incentiva mayores desplazamientos lo que tiene un impacto medioambiental y monetario que no compensa la mejora de la fluidez del tránsito. Así mismo, el transporte privado es menos eficiente en el uso del espacio y energía que el transporte público de pasajeros (Braess, 1998).

Por tanto, es de vital importancia definir estrategias para el sistema de transporte basadas en las ventajas de transporte colectivo y en la internalización de los efectos externos que generan los distintos modos, principalmente el vehículo privado. Las líneas de acción deben estar dirigidas al fomento del uso del transporte colectivo siendo necesaria una red para los ciudadanos, por lo tanto, una integración de distintos modos de transporte.

Entre 2000 y 2012 México experimentó un crecimiento poblacional global de 20%. En ese mismo periodo, el parque vehicular se duplicó de pasar de 15.60 a 35 millones de unidades, y la tasa de motorización pasó de 160 a 300 vehículos por cada 1000 habitantes. Destaca el comportamiento ascendente de los automóviles privados que representan cerca del 66% del parque total, observando una TMCA (Tasa Media de Crecimiento Anual) de 7.40% entre 2000 y 2012 que supera en 5 veces la de la población nacional (1.4%), (Reporte nacional de la movilidad urbana en México 2014-2015). Dada la escasez del espacio es cada vez más importante una planificación de los sistemas de transporte dentro de las líneas directrices de la ordenación del territorio. En este punto el análisis de la demanda de transporte juega un papel muy importante para la adecuación de transporte a la misma.

### **1.3 Generalidades de la modelación**

Un modelo es una representación de la realidad, una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de la misma, reduciendo su variedad y complejidad a niveles que permitan comprenderla y especificarla en forma adecuada para el análisis.

Normalmente un modelo se expresa en forma simplificada de un cierto fenómeno o situación real, (Ortuzar & Willumsen, 2011).

### **1.3.1 La simulación**

Es la imitación del funcionamiento de un proceso del mundo real o de un sistema en el tiempo. Por medio de una computadora, la simulación lleva a la generación de la historia artificial de un sistema y a la observación de la misma para delinear indiferencias relativas a las características del sistema real. El comportamiento del sistema, tal como es considerado en el tiempo se estudia desarrollando un modelo de simulación, este modelo usualmente toma la forma de un conjunto de consideraciones referidas a la operación del sistema. Estas consideraciones son expresadas por medio de relaciones matemáticas lógicas y simbólicas entre las entendidas o sujetos de interés del sistema. La simulación también puede ser empleada como una herramienta de análisis en la predicción del efecto de los cambios que existirán en el sistema, y como una herramienta de diseño para predecir el desempeño de los sistemas bajo un conjunto de circunstancias (Sánchez y Ortuzar).

La simulación puede ser utilizada para experimentar con nuevos diseños o políticas, antes de la implementación y para conocer el efecto de estas medidas.

### **1.3.2 Características negativas de la simulación**

Se proponen un conjunto de reglas para determinar cuando una simulación no es adecuada (Banks 1997):

- a) La simulación no es pertinente cuando el problema puede ser resuelto por sentido común (por ejemplo, una estación de servicio con llegada de usuarios y tiempo de servicio conocido).
- b) La simulación no es pertinente si el problema puede ser resuelto analíticamente.
- c) Si existen expectativas irracionales o una sobreestimación de las virtudes de la modelación.
- d) Si el comportamiento del sistema es tan complejo y no puede ser definido.

### **1.3.3 Proceso de la simulación**

El proceso de la simulación se divide principalmente en cuatro fases (Sánchez Ortuzar,2004):

La primera fase se compone de los pasos: formulación del problema y ordenamiento de los objetivos.

La segunda etapa está relacionada con la construcción del modelo y con la colecta de datos. Incluye los pasos siguientes: conceptualización del modelo, colecta de datos, portabilidad, verificación y validación.

La tercera fase se refiere a la ejecución del programa. Incluye los pasos siguientes: diseño experimenta, resultado de las ejecuciones, análisis y ejecuciones adicionales.

La cuarta fase refiere a la implementación e incluye los pasos de documentación y reportes e implantación. Quizá el punto más crucial en todo el proceso es la validación, debido a que un modelo no valido puede llevar a resultados erróneos.

### **1.4 Encuesta Origen – Destino**

Los usuarios son el principal elemento del sistema de transporte público. Estos utilizan el servicio para suplir las necesidades de desplazamiento y no tienen mayores preocupaciones con la operación.

Las necesidades de desplazamiento de los usuarios de transporte público son identificadas a partir de las encuestas de origen y destino a bordo de las unidades o en puntos de alta afluencia de pasajeros. Así mismo se contempla que en la utilización del transporte público los usuarios ponderan una serie de atributos (regularidad, tiempo de viaje, comodidad, costo) para tomar la decisión de cuándo donde y como usar el servicio de transporte.

Para cuantificar los atributos de decisión sobre el viaje se realizan las encuestas de opinión, siguiendo en este orden de ideas el objetivo de este estudio es obtener la movilidad real del usuario que utiliza el transporte público en la vía Dr. Gustavo Baz y obtener las características del viaje que realiza un usuario potencial en el corredor.

## **1.5 El enfoque de transporte publico**

Un sistema se define como el conjunto de elementos relacionados entre sí y encaminados hacia ciertos objetivos y metas. Para el caso del transporte se puede definir como un sistema básico para el funcionamiento de una ciudad en donde su operación influye de manera directa en la eficiencia del conjunto de sus actividades y en la calidad de vida de sus habitantes (Molinero, 2005).

El transporte público tiene como objetivo principal garantizar la movilidad de las personas a todos los puntos de una ciudad, atendiendo de manera eficiente los atributos valorados por los usuarios: comodidad, rapidez, seguridad y costo. Las actividades de la población tienen generalmente un proceso de constantes cambios, creando la necesidad de hacer ajustes en la oferta del transporte.

## **1.6 Componentes físicos de los sistemas de transporte**

Un sistema de transporte se compone principalmente de tres elementos físicos, siendo estos (Molinero 2005)

Vehículos. Son las unidades de transporte y normalmente su conjunto se describe como parque vehicular en el caso de autobuses y trolebuses y de equipo rodante para el caso del transporte férreo.

Infraestructura. Está compuesta por los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones ya sean estas terminales de transbordo o normales, los talleres de mantenimiento y reparación, los sistemas de control tanto de detecciones del vehículo como de comunicación y de señalización y los sistemas de suministro de energía.

Red de transporte. Está compuesta por las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas de colectivos y minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en una ciudad.

### **1.6.1 Características de los sistemas de transporte**

Se debe distinguir entre los que es la operación del transporte y el servicio de transporte. En el primer caso se entiende por operación del transporte el punto de vista del prestatario de transporte en el que se incluye el establecimiento de horarios, la asignación de jornadas de trabajo o roles, la supervisión y operación diaria de las unidades de transporte, la recolección de tarifas y el mantenimiento del mismo sistema (Molinero 2005).

### **1.6.2 Indicadores de desempeño del sistema**

Para esta característica se entiende la forma en que se desarrolla el sistema de transporte y está definido su desempeño por varios conceptos entre los más representativos se encuentran Molinero (2005):

- Frecuencia del servicio. La cantidad de unidades que prestan el servicio de transporte durante un periodo de tiempo.
- Tiempo de caminata. Es el tiempo que le lleva al usuario acceder a un servicio de transporte público, para su estimación se considera la velocidad a la que el peatón camina de acuerdo a las circunstancias de accesibilidad se tiene que dicha velocidad es de 4km/h.
- Tiempo de espera. Es el tiempo en que un usuario tiene que esperar hasta que llegue una unidad de transporte público para su abordaje.
- Tiempo de recorrido. Es el tiempo que el usuario recorre a bordo de la unidad de transporte y se puede estimar a partir de la distancia promedio de recorrido
- Tiempo de transbordo. Es el tiempo que le lleva a un usuario cambiar de una unidad de transporte a otra o de un modelo de transporte a otro.
- Factor de comodidad. Este factor indica que tan cómodo realizara el viaje el usuario, considerando la capacidad de la unidad y el número de pasajeros que se desplacen en esta.
- Tiempo en abordar la unidad. Es el tiempo que le lleva al usuario abordar la unidad de transporte, considerando la demanda que tenga el sistema en cada parad.
- Transbordos. Es el número de cambios de unidades de transporte que tiene que realizar el usuario para llegar desde su origen a su destino.

## 1.7 Transporte publico convencional vs BRT

Un transporte público eficiente es imprescindible para el desarrollo. Para lograr la mayoría de los residentes de ciudades en desarrollo, el transporte público es la única forma práctica para acceder al empleo, educación y servicios públicos, especialmente cuando estos servicios están más allá de distancias para recorrer a pie o en bicicleta. Desafortunadamente el actual estado de los servicios de transporte público en ciudades en desarrollo no está enfocado para suplir las necesidades de movilidad reales de la población. Frecuentemente los servicios de transporte son inconvenientes, peligrosos y no son confiables. Esta problemática ocasiona que los usuarios de transporte público decidan cambiarse a vehículos de transporte privados:

- a) Inconveniencia en términos de localización de estaciones y frecuencia de servicios
- b) No se presta servicio a orígenes y destinos clave
- c) Miedo al crimen en estaciones y dentro de los modos de transporte
- d) Falta de seguridad en términos de habilidad de conductores y la calidad de mantenimiento de las unidades de transporte público.
- e) El servicio es mucho más lento que los vehículos privados, especialmente cuando los operadores realizan paradas frecuentes en cualquier punto de las vías.
- f) Saturación de los vehículos que hace que el viaje sea incomodo
- g) La baja calidad o la falta de infraestructura (por ejemplo, falta de estaciones, paradas autorizadas).

Como respuesta, los planificadores de transporte y los servicios públicos han buscado resolver este problema con alternativas de transporte masivo demasiado costosas. No obstante, hay una alternativa entre el servicio de transporte público, los sistemas BRT (Autobuses de Transito Rápido) pueden proporcionar un servicio de alta calidad y del mismo tipo que un metro.

## **1.8 Análisis de la demanda de un sistema BRT**

El análisis de la demanda potencial de pasajeros para un sistema BRT es la base técnica para gran parte del subsecuente trabajo del desarrollo del diseño del sistema. En primera medida se necesita ser diseñado con la suficiente capacidad para manejar una demanda futura estimada razonable, manteniendo altas velocidades vehiculares.

### **1.8.1 Conceptos generales de planeación de transporte público**

Uno de los objetivos principales de la ingeniería de tránsito y transporte es encontrar soluciones que brinden movilidad, seguridad y comodidad a los usuarios, así como identificar y cuantificar las deficiencias del sistema vial y determinar la calidad del servicio ofrecido. Por ello es necesario conocer el sistema y el comportamiento de sus elementos, para poder evaluar lo que está sucediendo, lo que puede ocurrir si se continúa con la misma tendencia, y lo que se puede lograr en el futuro al mejorar la situación presente.

La planeación del transporte busca optimizarlos procesos de planificación, diseño y análisis. En la planeación del transporte se utilizan una serie de estrategias en las diferentes etapas del análisis y la predicción de la demanda. Un aspecto que no se debe perder de vista es la utilización de modelos para los que se disponga o se puedan recolectar los datos requeridos.

## **1.9 El proceso de la planeación del transporte**

El énfasis en la planeación del transporte ha cambiado en los últimos años. Los procedimientos anteriores estaban más involucrados en la provisión de oferta para satisfacer la demanda. Con este propósito se construyeron las vías rápidas, las grandes vialidades, los sistemas de transporte colectivo

La limitación para ofrecer mayor capacidad vial a la demanda de transporte por automóvil aumentará el énfasis en la planeación y operación de sistemas de transporte colectivo.

### **1.9.1 oferta del transporte**

La infraestructura que proporciona el servicio para el movimiento rápido de las personas en una región urbana. Éste se puede hacer en vehículos particulares o en unidades de transporte público (Ortuzar y Willumsen, 2011).

Una característica particular de la oferta de transporte es que se trata de un servicio y no de un bien. El servicio de transporte debe ser “consumido” en el mismo momento y sitio en que es “producido”, ya que de lo contrario se pierde su beneficio.

La principal información de la oferta de transporte considera los siguientes aspectos:

- Características físicas de la vialidad
- Uso de suelo
- Viajes y distribución origen – destino
- Volúmenes de tránsito

### **1.9.2 Análisis de la demanda**

Es indudable que el transporte es uno de los mayores sistemas funcionales de la sociedad moderna. Las áreas del problema se encuentran ligadas a la sociedad y obedecen a distintos criterios que involucran grupos de consumidores con características y preferencias similares y homogéneas; éstos, a su vez, deben ser heterogéneos entre ellos mismos. En el sistema de transporte urbano, la disponibilidad y utilidad de la información variará, si se consideran áreas urbanas pequeñas y medianas a grandes áreas metropolitanas.

### **1.9.3 Zonificación**

La zonificación es la unidad más pequeña de análisis de la demanda de un sistema de transporte. Cabe destacar que el tamaño de las zonas corresponde a diferentes niveles de detalle en cuanto a los resultados esperados del proceso de planeación del sistema de transporte.

### **1.9.4 Recolección de información**

Esta etapa de la planeación del transporte permite obtener información de la demanda y del uso actual de los sistemas de transporte, que permiten por tanto establecer la base de los análisis de proyección futuros mediante los modelos y metodologías disponibles de la planeación.

Es indispensable disponer de información confiable y actualizada para el desarrollo de los modelos básicos de la planeación del transporte. La información requerida se presenta a continuación.

### **1.9.5 Usos de suelo y variables socioeconómicas**

Las variables correspondientes a esta categoría se utilizan principalmente en el desarrollo del modelo de generación de viajes. Es importante contar con datos de estos parámetros para la situación actual, así como con pronósticos oficiales para los escenarios futuros que requieran ser analizados. A manera de resumen a continuación se indica la información requerida sobre los usos de suelo.

Planos de usos de suelo. En estos se deberá mostrar la intensidad de los desarrollos habitacionales, comerciales e industriales. Mediante colores o simbología especial, se deberán indicar los diferentes usos del suelo.

Cartografía digital de la zona de estudio. Como parte de esta representación gráfica, deberán aparecer los límites de las manzanas y se deberá identificar con claridad la red vial. Complementariamente, se requiere el contorno de las unidades estadísticas a las que estén ligados los datos socioeconómicos oficiales de la población.

### **1.9.6 Red vial y de transporte público**

La red vial se encuentra representada por enlaces (arcos), que son representaciones esquemáticas de la infraestructura vial y de los itinerarios de las rutas de transporte público.

Los nodos y arcos de la red vial esquemática representan las intersecciones y los tramos viales, respectivamente, de la infraestructura vial. Las características geométricas (sección transversal, número de carriles, pendiente longitudinal.) son aproximadamente

constantes en un arco dado. La red vial y de transporte público normalmente se definen a partir de la cartografía digital de la zona urbana estudiada.

## **1.10 Modelos de generación de viajes**

La generación de viajes busca estimar el número total de viajes que son producidos ( $P_i$ ) o atraídos ( $A_j$ ) por cada una de las zonas que componen la región de estudio (vector de viajes producidos y atraídos). Habitualmente, la generación de viajes producidos se mide por la unidad de análisis del hogar (casa) dentro de una zonificación determinada en la que se haya dividido la región urbana estudiada, (Ortuzar y Willumsen) definen que los viajes que interesan de la población son aquellos realizados por modos de transporte mecanizados. En el caso de viajes realizados peatonalmente (largos de más de 300 metros) también son considerados, y aquellos viajes realizados por niños menores de cinco años no deben ser considerados.

### **1.10.1 Generación de viajes**

La generación de viajes está asociada al número de viajes producidos por hogar con un propósito específico como una función de los atributos del hogar, (Ortuzar y Willumsen 2002) este es el supuesto básico de la tasa de generación de viajes que se encuentran estables para determinados periodos de tiempo y características socioeconómicas de las viviendas.

### **1.10.2 Distribución de viajes**

Una vez conocidos los viajes totales que se producen o atraen en las diferentes zonas en que se ha dividido el área de estudio, se hace necesario determinar la forma en que se distribuyen los viajes entre las diferentes zonas, es decir se requiere calcular los viajes entre zonas (interzonales e intrazonales) durante un periodo de tiempo establecido. Uno de los productos de este modelo es el matriz origen destino de los viajes.

Entre los principales datos para predecir la distribución geográfica de viajes, se encuentran los resultados del modelo de generación de viajes, en particular se utilizan la producción y la atracción de los totales de viajes en cada una de las zonas establecidas (vectores de viaje ( $P_i$  y  $A_j$ )).

### **1.10.3 Asignación de viajes (reparto modal)**

Consiste en obtener el porcentaje de los viajes inter e intrazonales que se realizan en los diferentes modos de transporte disponibles. Los modelos de selección modal introducen las consideraciones mayores en el suministro del mercado de transporte; se hacen valoraciones de capacidad y costo del sistema de transporte existente o propuesto, pueden presumirse transportadores y viajeros para seleccionar el modo o combinación de modos de transporte. Son los modelos de mayor importancia dentro de la planeación del transporte, debido a que afectan la eficiencia general de los viajes en áreas urbanas, ofreciendo diferentes posibilidades a los viajes.

## **CAPÍTULO II.**

### **Análisis diagnóstico del corredor la Quebrada - Etram de 4 Caminos**

#### **2.1 Análisis de la situación actual del transporte público en el corredor**

Para analizar, diagnosticar y hacer propuestas relacionadas con cualquier sistema de transporte se requiere conocer ciertos aspectos referentes a la oferta y demanda que se presenta en la zona de estudio donde opera el sistema analizado. La oferta corresponde a la red de transporte público y a las características del conjunto de servicios ofrecidos al usuario. La demanda está relacionada directamente con el uso de los servicios que el sistema proporciona, así como con las características de los usuarios y sus necesidades de movilidad.

El diagnóstico está enfocado a describir las características de oferta, demanda y la operación de la situación sin proyecto y con proyecto del corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos, en donde se contempla el análisis de la situación actual y posteriormente la situación con proyecto.

#### **2.2 Análisis y diagnóstico de la situación actual**

Para elaborar el diagnóstico se parte principalmente:

Análisis de la oferta se obtiene a partir de los datos de inventarios de rutas, derroteros de las rutas de transporte público a analizar, ubicación de paradas principales, mientras que el análisis de la demanda se realiza a partir de la información de campo que son los ascensos y descensos, de los cuales se obtiene la sección de máxima demanda, y el perfil de carga, encuesta origen destino que permite obtener la distribución espacial de los viajes y los costos que se generan, mediante estos minutos se pueden establecer los indicadores de desempeño de las rutas analizadas que son: índice de pasajeros, tiempo de ciclo, pasajeros kilómetro.

### 2.2.1 Estudios analizados

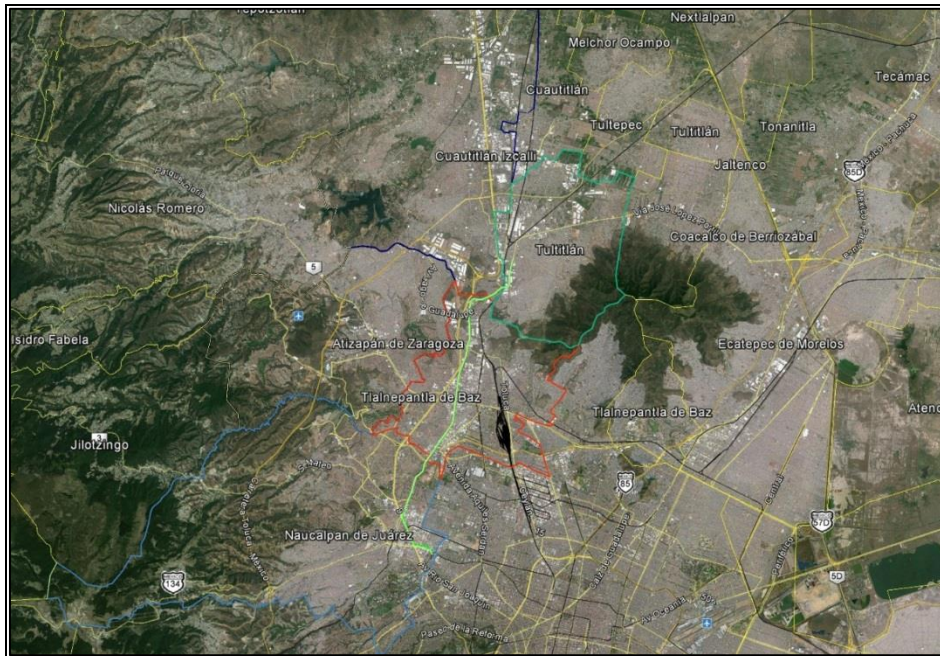
Los estudios técnicos que se llevaron a cabo para obtener la mayor eficiencia del transporte público y que se realizaron para establecer la movilidad en el transporte público fueron los siguientes:

- Inventario de rutas (únicamente de la muestra representativa de la problemática)
- Frecuencia de paso y ocupación visual
- Estudio de ascenso y descenso
- Encuestas origen/destino a bordo de las unidades de transporte público

### 2.2.2 Ámbito espacial y zona de influencia del corredor

El corredor en estudio tiene una longitud aproximada de 19 km comenzando en el lado norte del paradero Toreo de Cuatro Caminos (Vía Dr. Gustavo Baz – Vía José López Portillo) y terminando actualmente donde se encuentra la terminal de la línea Mexibús II “La Quebrada”. Los municipios que conforman el corredor son: Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli y Tultitlan como se muestra en la figura 2.1.

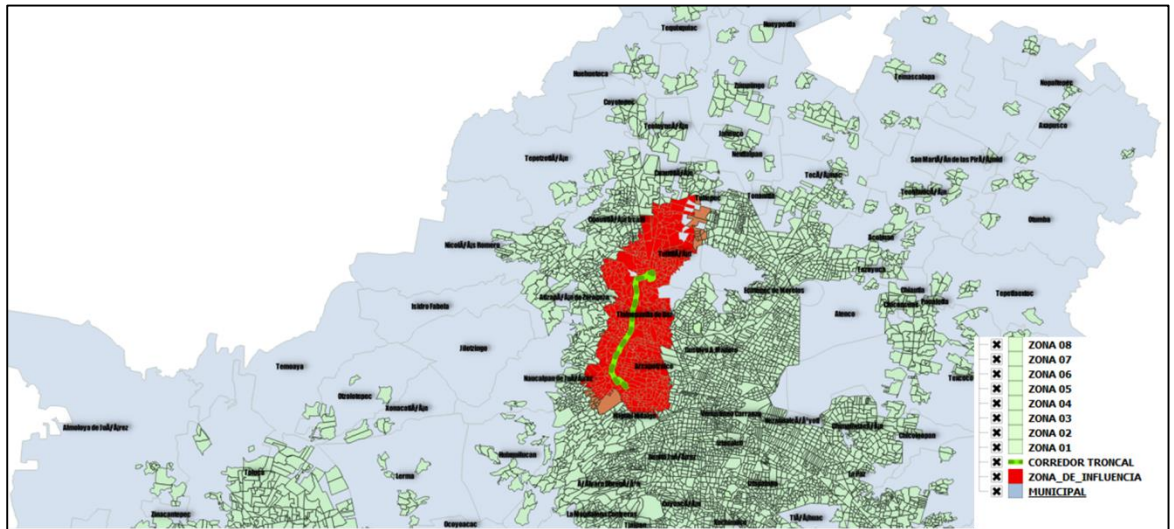
**Figura 2.1. Municipios de influencia en el corredor de estudio**



Fuente: elaboración propia

Para delimitar la zona de estudio que impactara la creación del nuevo sistema de transporte se tomó como base la información proporcionada por el INEGI mediante el SCINCE de colonias del Estado de México principalmente y la Ciudad de México, en la figura 2.2 se muestra el nivel de agregación para la conformación del modelo de transporte.

**Figura 2.2. Delimitación de la zona de estudio corredor Troncal La Quebrada – Etram 4 Caminos**



Fuente: Esquema de simulación QGIS. Elaboración propia

### 2.2.3 Ámbito de estudio

La zona de influencia de la cuenca de transporte estudiada es sobre Av. Gustavo Baz desde la estación actual del Mexibús “La Quebrada hasta el Toreo de Cuatro Caminos” “pasando por las intersecciones más representativas que son: hacienda de la huaracha, hacienda de la Encarnación, Calzada San Agustín, Adolfo López Mateos, Abraham Lincoln, Mario Colín, Sor Juana Inés de la Cruz, Río Lerma, Radial Toltecas, Ceylán, Lago de Guadalupe, y está en función de la red de transporte que circula por dichas intersecciones. El área de estudio está basada en la configuración de la red de rutas que circulan por la cuenca de transporte “La Quebrada hasta el Toreo de Cuatro Caminos” y que desembocan principalmente en las cuencas de captación: La Quebrada, Metro Rosario, Etram Tlalnepantla, Centro del Municipio de Naucalpan y Metro Toreo de Cuatro Caminos, la selección de las rutas a estudiar se definió con base en la captación de demanda hacia estas cuencas tomando como referencia el origen o el destino.

### 2.3 Inventario de rutas y selección de rutas a analizar

Con base en las características de los estudios a realizar para conocer la oferta y la demanda de la red de transporte público en la zona de estudio previo al levantamiento de la información en las estaciones de estudio de frecuencia y ocupación visual, se llevó a cabo un inventario de rutas registradas en cada punto. La tipología de la red de transporte Público del Norponiente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra constituida por una estructura irregular, derivada de la propia topografía existente de la zona conurbada entre los municipios de Tlalnepantla y Naucalpan.

Es importante mencionar que existe una red local amplia que se puede considerar radial y que da servicio principalmente a los usuarios del centro del Municipio de Tlalnepantla que los lleva a colonias aledañas al municipio de Naucalpan, Tultitlan, Cuautitlán, esta red representa el 46% de las rutas que opera en la zona de estudio.

El 54% restante pertenece a las rutas con tipología diametral que utilizan la Vía Dr. Gustavo Baz para trasladar a los usuarios principalmente a los usuarios de los municipios de Cuautitlán, Tultitlan, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla de Baz y Naucalpan de Juárez.

En la figura 2.3, se muestra de forma general el universo de rutas que se tiene en la zona de estudio, seleccionando únicamente el 22% de las rutas que tienen una configuración tipo diametral.

**Figura 2.3. Universo de rutas en la zona de estudio**



Fuente: Google Earth. Elaboración propia

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta las principales rutas que tenían como origen o destino alguna de las cuencas de captación resultando un total de 22% del 54% que tienen una configuración diametral, las cuencas de referencia fueron las siguientes:

- La Quebrada
- Etram Tlalnepantla,
- Centro del municipio de Tlalnepantla
- Metro Rosario
- Centro del Municipio de Naucalpan
- Metro Toreo de Cuatro Caminos

## **2.4 Encuesta Origen Destino**

En esta sección se muestran los aspectos relativos al viaje como al tiempo de traslado y al pago de tarifa, algunas características socioeconómicas de los usuarios como la edad y su ingreso, así como la percepción y opinión del servicio actual desde la visión del usuario. Se aplicaron 2,712 encuestas origen-destino, las encuestas se aplicaron a bordo de las unidades en 12 de las rutas consideradas para el estudio del corredor, de las cuales se obtuvieron factores de expansión por hora y día mostrados en la tabla 2.1.

En la tabla 2.2 se muestran los porcentaje de viajes que aportan los municipios más representativos de la zona de estudio resultado de la encuesta O/D, teniendo que el municipio con mayor aportación en cuanto a orígenes es Naucalpan, seguido del municipio de Tlalnepantla, Tultitlan, Cuautitlán Izcalli, Coacalco, Atizapán y Ecatepec de Morelos, en cuanto a los municipios de destino, se tiene principalmente los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan, Tultitlan, Cuautitlán Izcalli, Coacalco y Ecatepec de Morelos.

**Tabla 2.1. Expansión de la matriz Origen - Destino**

RUTA	FACTOR DE EXPANSIÓN DÍA	FACTOR DE EXPANSIÓN HORA	VIAJES DIARIOS	VIAJES HDM
R-025-01	1,984	347	13,888	2,428
R-025-02	1,241	168	16,128	2,179
R-005-01	38	8	22,011	976
R-005-02	43	18	22,744	1,191
R-044-01	17	5	5,118	322
R-044-02	10	20	3,412	597
R-076-01	69	6	3,377	108
R-076-02	32	188	2,456	375
R-089-01	83	18	5,648	382
R-089-02	75	51	3,530	203
R-099-01	44	22	4,847	424
R-099-02	318	98	22,922	781
R-0GM-01	44	3	4,089	74
R-0GM-02	22	61	2,337	105
R-ACACYA-01	47	164	1,314	1,176
R-ACACYA-02	306	40	7,644	202
R-AMTP-01	188	31	14,130	467
R-AMTP-02	156	75	11,365	1,124
R-AT-01	42	26	1,637	105
R-AT-02	34	405	1,484	405
R-SPT-01	68	7	887	90
R-SPT-02	58	4	700	48
<b>TOTAL</b>			<b>171,668</b>	<b>13,762</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.2 Origen/ Destino de viajes**

<b>MUNICIPIO ORIGEN</b>	<b>N° DE VIAJES</b>	<b>% DE APORTACIÓN</b>	<b>MUNICIPIO DE DESTINO</b>	<b>N° DE VIAJES</b>	<b>% DE APORTACIÓN</b>
NAUCALPAN DE JUAREZ	461	33.95%	TLALNEPANTLA DE BAZ	581	42.78%
TLALNEPANTLA DE BAZ	437	32.18%	NAUCALPAN DE JUAREZ	189	13.92%
AZCAPOTZALCO	91	6.70%	TULTITLAN	184	13.55%
MIGUEL HIDALGO	60	4.42%	CUAUTITLAN IZCALLI	121	8.91%
ATIZAPAN DE ZARAGOZA	48	3.53%	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	83	6.11%
CUAUHTEMOC	35	2.58%	COACALCO DE BERRIOZABAL	75	5.52%
TULTITLAN	26	1.91%	ECATEPEC DE MORELOS	42	3.09%
HUIXQUILUCAN	23	1.69%	AZCAPOTZALCO	21	1.55%
IZTAPALAPA	20	1.47%	TULTEPEC	17	1.25%
CUAUTITLAN IZCALLI	19	1.40%	MIGUEL HIDALGO	13	0.96%
COYOACAN	14	1.03%			
ECATEPEC DE MORELOS	13	0.96%			
BENITO JUAREZ	11	0.81%			
ALVARO OBREGON	11	0.81%			
GUSTAVO A MADERO	10	0.74%			
TOLUCA	9	0.66%			
NICOLAS ROMERO	8	0.59%			
VENUSTIANO CARRANZA	8	0.59%			
COACALCO DE BERRIOZABAL	7	0.52%			
NEZAHUALCOYOTL	7	0.52%			
TULTEPEC	7	0.52%			

Fuente: Elaboración propia

## **2.5 Estadística descriptiva**

Debido a que las inferencias en el muestreo se dirigen usualmente a la estimación de ciertas características numéricas de la población, denominadas parámetros, con el criterio de la estadística descriptiva, la cual sirve para validar, ordenar, resumir y presentar los datos, siguiendo con este orden de ideas el desarrollo de la estadística descriptiva para este estudio se evalúan los parámetros de solo una muestra de la población de la zona de estudio del Estación la Quebrada – Toreo de cuatro caminos. En las tablas 2.4 – 2.6 a manera de resumen se muestran cuatro de los resultados más representativos de la encuesta, los cuales son motivos de principales de viaje, frecuencia de viaje, tiempo de viaje y costo de viaje.

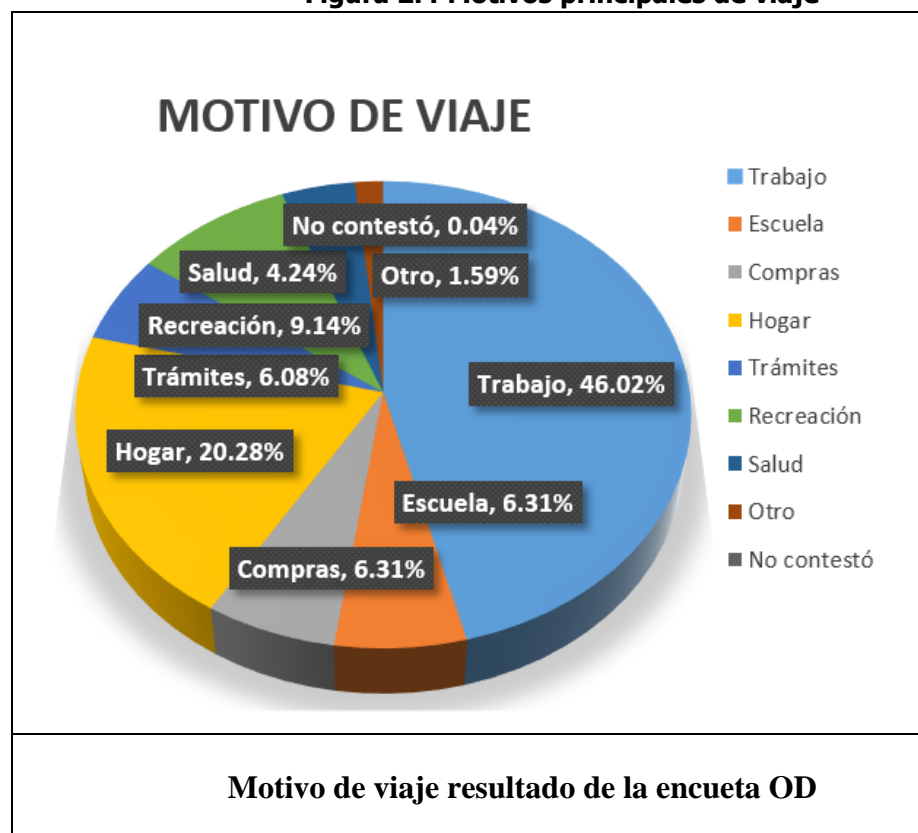
### 2.5.1 Motivos principales de viaje

**Tabla 2.3 Motivos y números de viajes**

MOTIVO DE VIAJE	VIAJES	% DE SIGNIFICANCIA
Trabajo	1248	46.02%
Escuela	171	6.31%
Compras	171	6.31%
Hogar	550	20.28%
Trámites	165	6.08%
Recreación	248	9.14%
Salud	115	4.24%
Otro	43	1.59%
No contestó	1	0.04%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.4 Motivos principales de viaje**



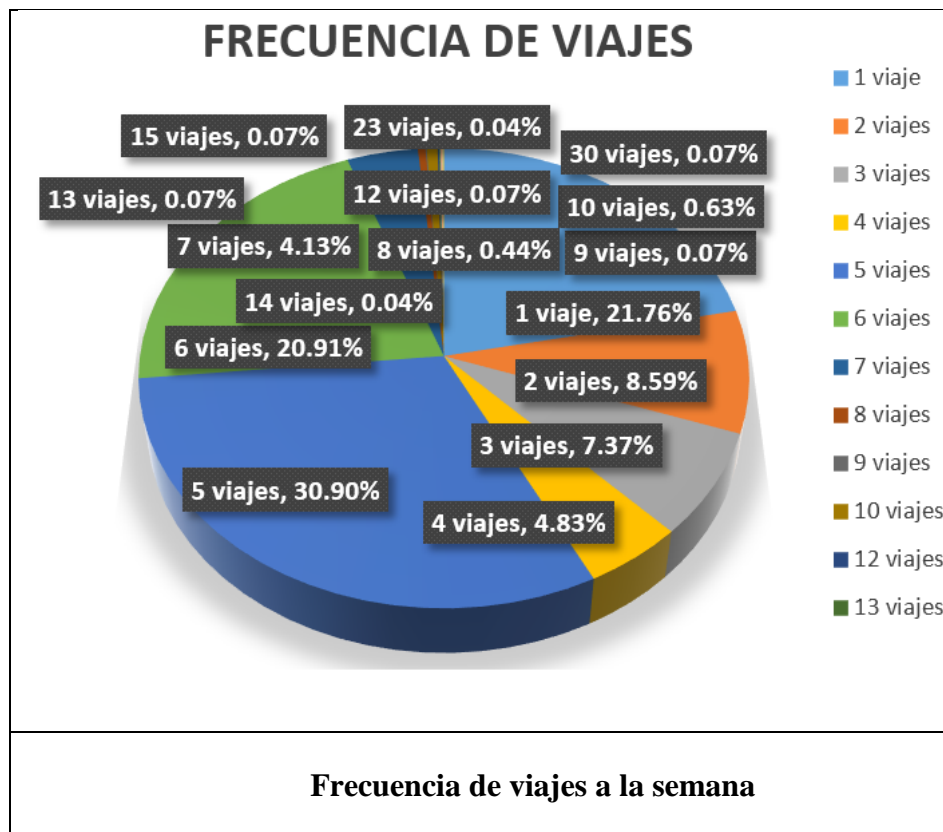
## 2.5.2 Frecuencia de viajes

**Tabla 2.4 Frecuencia y número de viajes**

FRECUENCIA	N° DE VIAJES	% DE APORTACION
1 viaje	590	21.76%
2 viajes	233	8.59%
3 viajes	200	7.37%
4 viajes	131	4.83%
5 viajes	838	30.90%
6 viajes	567	20.91%
7 viajes	112	4.13%
8 viajes	12	0.44%
9 viajes	2	0.07%
10 viajes	17	0.63%
12 viajes	2	0.07%
13 viajes	2	0.07%
14 viajes	1	0.04%
15 viajes	2	0.07%
23 viajes	1	0.04%
30 viajes	2	0.07%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.5. Frecuencia de viajes a la semana**



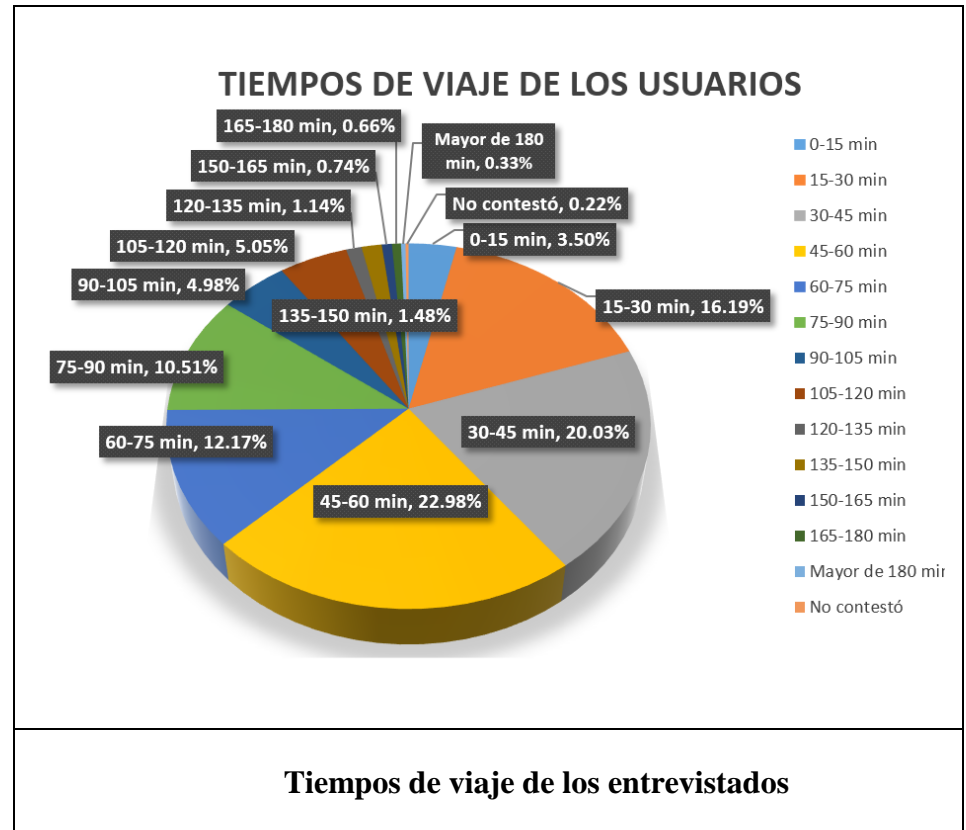
### 2.5.3 Tiempos de viaje

**Tabla 2.5: Tiempo de viaje**

TIEMPO	N DE VIAJES	% DE APORTACIÓN
0-15 min	95	3.50%
15-30 min	439	16.19%
30-45 min	543	20.03%
45-60 min	623	22.98%
60-75 min	330	12.17%
75-90 min	285	10.51%
90-105 min	135	4.98%
105-120 min	137	5.05%
120-135 min	31	1.14%
135-150 min	40	1.48%
150-165 min	20	0.74%
165-180 min	18	0.66%
Mayor de 180 min	9	0.33%
No contestó	6	0.22%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.6. Tiempos de viaje**



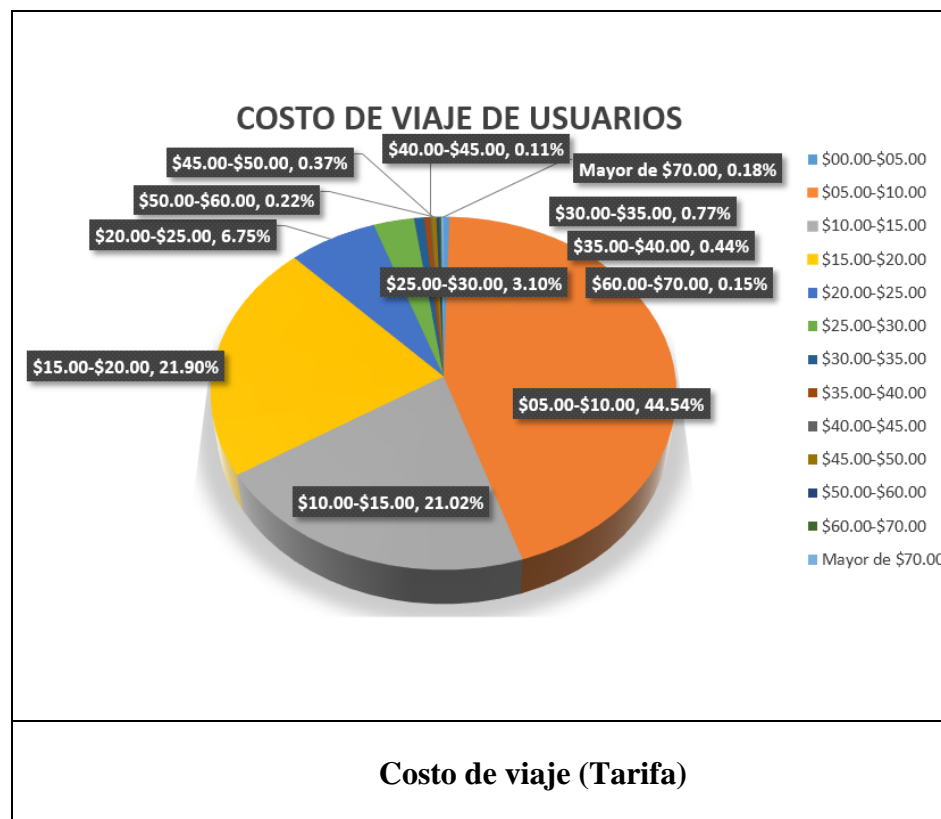
## 2.5.4 Costo de viaje

Tabla 2.6: Costo de viaje

COSTO DEL VIAJE	NÚMERO DE VIAJES	% DE APORTACIÓN
\$00.00-\$05.00	12	0.44%
\$05.00-\$10.00	1208	44.54%
\$10.00-\$15.00	570	21.02%
\$15.00-\$20.00	594	21.90%
\$20.00-\$25.00	183	6.75%
\$25.00-\$30.00	84	3.10%
\$30.00-\$35.00	21	0.77%
\$35.00-\$40.00	12	0.44%
\$40.00-\$45.00	3	0.11%
\$45.00-\$50.00	10	0.37%
\$50.00-\$60.00	6	0.22%
\$60.00-\$70.00	4	0.15%
Mayor de \$70.00	5	0.18%

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.7. Costo de viaje



## **2.6 Estudio de Ascenso y descenso de pasajeros**

Si bien el estudio de frecuencias y ocupación visual, el cual es explicado más adelante, muestra una primera visión de los volúmenes de oferta y demanda de transporte público en el corredor, una imagen detallada del fenómeno de la movilidad en los diferentes modos de transporte (Vagoneta, Bus de capacidad normal, Microbús, Sprinter y Vagoneta) canalizada por la Vía Dr. Gustavo Baz se obtuvo a partir del estudio de Ascenso / Descenso de usuarios, los cuales se mostrarán en este apartado.

En la figura 2.8 se muestra la variación que tiene el número de usuarios abordo durante la hora de máxima demanda, en donde se tiene que la demanda mayor para esta hora es en el sentido Norte-Sur La Quebrada – Etram Tlalnepantla y Metro Rosario, sin embargo, la demanda que se dirige hacia el Centro de Naucalpan y Metro Toreo, desde la Vía Dr. Gustavo Baz es significativa. En la hora de máxima demanda del corredor es uniforme en donde se tienen un promedio de 2, 763 pasajeros exclusivamente hacia Etram Tlalnepantla – Metro Rosario. La demanda se distribuye principalmente las estaciones Lago de Guadalupe, Ceylán, Radial Toltecas, Rio Lerma, Mario Colín, Abraham Lincoln, puente de vigas para posteriormente descender totalmente en Metro Rosario.

Para el sentido opuesto Sur-Norte los pasajeros a bordo se van incrementando hasta llegar a 1,180 pasajeros, este volumen va cambiando hasta alcanzar su carga máxima en este sentido a la altura de la estación Mario Colín, dicha cantidad de usuarios va disminuyendo hasta cerca de 300 pasajeros al final del recorrido en la terminal la Quebrada.

**Figura 2.8. Resumen de Ascenso y Descenso de la Ruta 05**

ESTUDIO ASCENSO - DESCENSO													
Ruta: 05	Fecha: 21 de abril de 2015	Clima	Caluroso Nublado	X	Templado Lluvioso								
Clave: 1	Observación:												
Tipo de unidad: V	Hora inicio: 08:00	Hora Final: 09:46											
Econ: 327	Ubicación de Terminales												
Placa:	Terminal Origen: QUERRADA	Terminal Destino: TOREO											
Veredas: N-S X S-N													
PUNTO DE CONTROL	VIALIDAD TRANSVERSAL	REFERENCIA	NO DE PARADAS	PASAJEROS			DISTANCIA ENTRE PUNTO (km)	PASAJEROS	TIEMPO AL PUNTO			TIEMPO AL PUNTO (seg)	
				SUBEN	BAJAN	ABORDO			DE LLEGADA	DE SALIDA	PARADA (seg)		
1	LA QUEBRADA	BASE DE TRANSPORTE	0	5	0	17	31.72		08: 27: 03				
2	CALLE PENAMARMENTO	SITIO DE TARIAS	1	1	1	17	0.536	8.60	08: 27: 40	08: 27: 40	0		
3	AV. LAGO DE GUADALUPE	CAMPO DEPORTIVO	1	1	2	16	1.977	14.44	08: 29: 46	08: 29: 49	3		
4	ACCESO	UNIDAD HABITACIONAL	0	0	0	16	1.108	19.18	08: 31: 37	08: 31: 37	0		
5	AUT. MEX-ORD	SITIO DE TARIAS, PIV	0	0	0	16	0.834	21.08	08: 38: 40	08: 38: 40	0		
6	RADAL TOLTECAS	PP. POTODOLLI	0	1	1	16	0.759	17.11	08: 42: 38	08: 42: 46	8		
7	AV. RIO LERMA	COMERCIAL MEXICANA	0	1	2	15	0.935	19.76	08: 45: 50	08: 46: 04	14		
8	JA. DE MAYO	SANBORNO	1	1	2	14	0.759	55.78	08: 48: 59	08: 49: 05	6		
9	AV. AMARO COLIN	VIANA	1	0	2	12	0.251	12.42	08: 51: 10	08: 51: 20	10		
10	CERRADA GALIANA	BANCO BBVA BANCOMER	0	0	0	12	0.966	12.82	08: 53: 10	08: 53: 10	0		
11	VIVEROS CASCADA	ORDO, PP	0	1	4	9	0.936	8.31	08: 57: 08	08: 57: 10	2		
12	AV. SANTA MONICA	ESTACION DE BOMBIEROS	0	1	1	9	1.083	11.61	08: 58: 31	08: 58: 33	2		
13	CIRCUITO PINTORES	ESTACIONAMIENTO	0	0	1	8	0.775	6.54	09: 00: 53	09: 00: 56	3		
14	CALL SAN AGUSTIN	ABARROTES PROVIDENCIA	0	1	1	8	1.223	9.76	09: 03: 12	09: 03: 15	3		
15	HOA. DE LA ENCRINACION	POLLAS A LA LIBRA	0	0	1	7	0.820	8.12	09: 06: 05	09: 06: 07	2		
16	CALLE REFORMA	SEC. LIC. BENITO JUAREZ	0	0	3	4	0.862	7.45	09: 07: 49	09: 07: 52	3		
17	CALLE VALLE DE MEXICO	PALACIO MUNICIPAL, PIV	0	0	0	4	0.537	1.15	09: 13: 14	09: 13: 14	0		
19	ESCAPY	COM. "LA PLAYA"	2	1	2	3	3.466	3.22	09: 35: 41	09: 35: 47	6		
20	METRO TOREO	BASE CORRESPONDIENTE	0	0	3	0	0.931		09: 46: 40				

ESTUDIO ASCENSO - DESCENSO													
Ruta: 05	Fecha: 21 de abril de 2015	Clima	Caluroso Nublado	X	Templado Lluvioso								
Clave: 1	Observación:												
Tipo de unidad: V	Hora inicio: 07:00	Hora Final: 07:35											
Econ: 327	Ubicación de Terminales												
Placa:	Terminal Origen: TOREO	Terminal Destino: BUENA VISTA											
Veredas: N-S X S-N													
PUNTO DE CONTROL	VIALIDAD TRANSVERSAL	REFERENCIA	NO DE PARADAS	PASAJEROS			DISTANCIA ENTRE PUNTO (km)	PASAJEROS	TIEMPO AL PUNTO			TIEMPO AL PUNTO (seg)	
				SUBEN	BAJAN	ABORDO			DE LLEGADA	DE SALIDA	PARADA (seg)		
1	METRO TOREO	BASE CORRESPONDIENTE	0	10	0	10	11.79		07: 00: 16				
2	ESCAPY	BANCO SCOTIABANK	0	0	0	10	0.848	9.49	07: 05: 10	07: 05: 10	0		
3	BVDO. AVILA CAMACHO	PIV	0	0	0	10	1.054	14.27	07: 06: 16	07: 06: 16	0		
5	ENTRONQUE PERIFERICO	VPLS, PIV	0	0	1	9	0.701	14.93	07: 18: 07	07: 18: 19	1		
6	CALLE ROSA MODELO	EMPRESA CANNON MALLS	0	0	0	9	0.603	20.04	07: 08: 50	07: 08: 50	0		
7	HACIENDA GUAMACHA	ORDO	0	0	3	6	0.449	4.97	07: 09: 40	07: 09: 40	0		
8	CALZADA SAN AGUSTIN	COMERCIO "LA SIERRA"	0	1	0	7	1.207	6.26	07: 12: 10	07: 12: 13	3		
9	CIRCUITO ESCALTORES	ISLETA	0	0	0	7	1.119	8.02	07: 14: 26	07: 14: 26	0		
10	SANTA MONICA	COLCHONES "ATLAS"	1	0	2	5	0.873	3.51	07: 17: 25	07: 17: 30	5		
11	BVDO. ABRAHAM LINCOLN	FABRICA COCA COLA	0	0	1	4	1.426	2.66	07: 20: 45	07: 20: 49	4		
12	AV. AMARO COLIN	ISLETA COM SITIO DE TARIAS	0	0	2	2	1.504	5.57	07: 22: 25	07: 22: 30	5		
13	JA. DE MAYO	COM. "LA MICHOCANAN"	0	4	0	6	0.359	7.61	07: 24: 08	07: 24: 15	7		
14	AV. RIO LERMA	COM. "FANTASMAS MIGUEL"	0	0	0	6	0.788	6.50	07: 25: 20	07: 25: 20	0		
15	RADAL TOLTECAS	TACOS "LA GORRA"	0	0	1	5	0.923	6.29	07: 27: 10	07: 27: 14	4		
16	CETLAN	MODULO DE POLIEDOS	0	0	0	5	0.795	2.62	07: 31: 45	07: 31: 45	0		
17	LAGO DE GUADALUPE	CEMENTOS AMAHUAC	0	1	0	6	1.905	5.27	07: 33: 40	07: 33: 42	2		
18	ESBOTO DEL TRAMADO	SITIO DE TARIAS	0	0	0	6	1.139	4.32	07: 34: 30	07: 34: 30	0		
19	LA QUEBRADA	SIGNAL DE PARADERO	0	2	1	7	1.390		07: 35: 09				

Alfombrador: MARIA FERNANDA ELIAS BAUTISTA	Supervisor: ING. PABLO PALACIOS	Capturó: MARIA FERNANDA ELIAS BAUTISTA
SIMBOLOGIA		
Sentido N-S: La Quebrada - Cuatro Caminos		
Sentido S-N: Cuatro Caminos - La Quebrada		
Econ. = Número Económico		
Tipo de Unidad: (A)= Autobús de alta capacidad, (B)= Autobús de capacidad normal, (M)= Microbús, (S)= Sprinter, (V)= Vagoneta		
Pag. No.: 1		

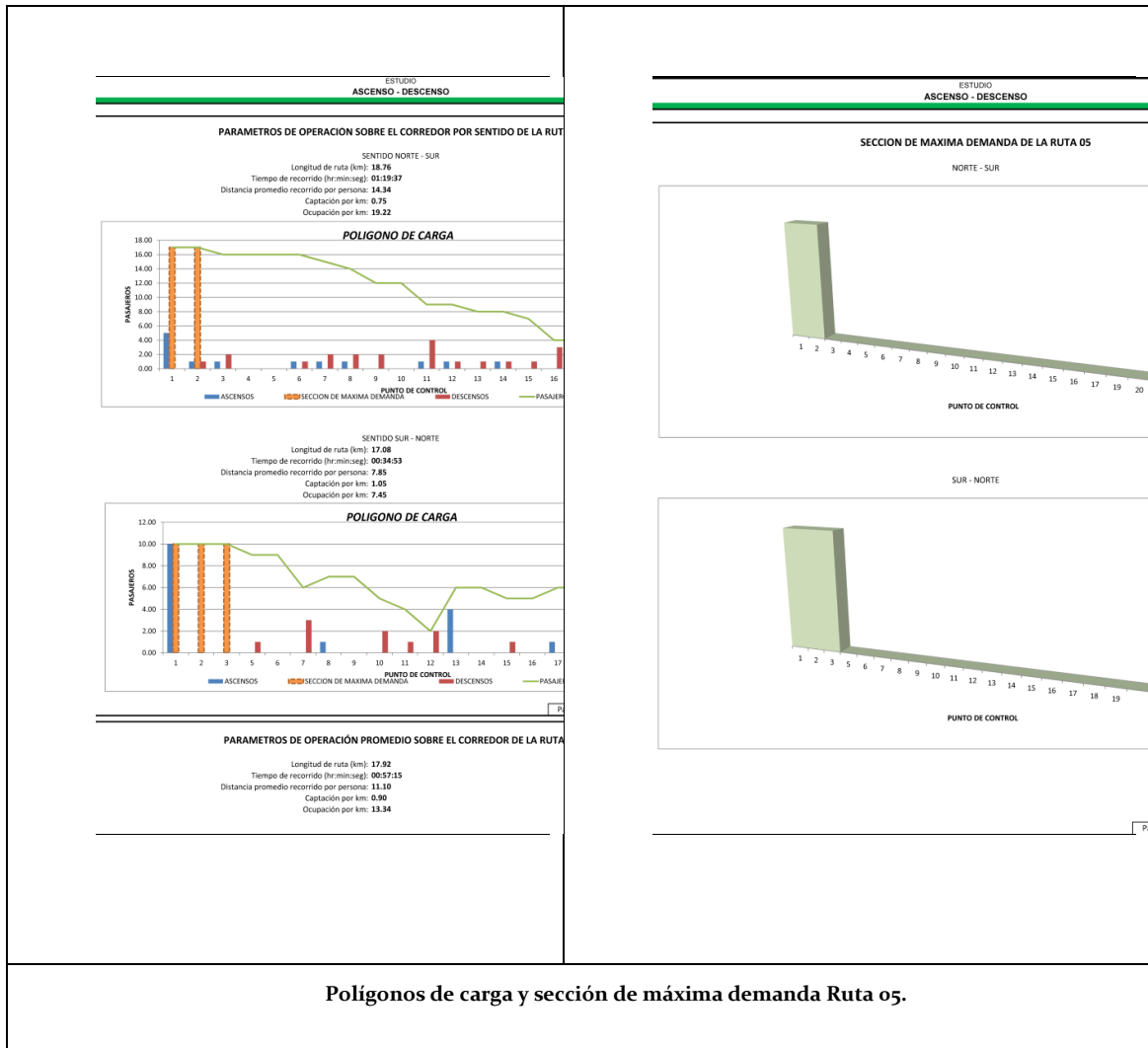
  

Alfombrador: MARIA FERNANDA ELIAS BAUTISTA	Supervisor: ING. PABLO PALACIOS	Capturó: MARIA FERNANDA ELIAS BAUTISTA
SIMBOLOGIA		
Sentido N-S: La Quebrada - Cuatro Caminos		
Sentido S-N: Cuatro Caminos - La Quebrada		
Econ. = Número Económico		
Tipo de Unidad: (A)= Autobús de alta capacidad, (B)= Autobús de capacidad normal, (M)= Microbús, (S)= Sprinter, (V)= Vagoneta		
Pag. No.: 2		

**Resumen ascenso/descenso en la hora de máxima demanda Ruta 05**

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.9. Resumen de Ascenso y Descenso de la Ruta 05**



## **2.7 Estudio de Frecuencia de paso y ocupación visual**

Para la elaboración de los estudios de frecuencia y ocupación visual el corredor troncal se determinaron 10 puntos estratégicos de aforo en toda su longitud los cuales permitieron obtener información de la mayoría de las rutas, se enfocó principalmente en solo la muestra para fines de este tema de tesis las cuales fueron 12 rutas.

Los puntos de aforo se codificaron dependiendo del sentido de circulación, para el sentido Norte – Sur se codifico con terminación (punto uno) 0.1, y para el sentido Sur – Norte se codifico con terminación (punto dos) 0.2.

Para el estudio de Frecuencia y Ocupación Visual 1.1 el cual se ubica en Vía Dr. Gustavo Baz y Calle Negra Modelo y corresponde al sentido Norte – Sur se presenta el número de usuarios 06:00 en el periodo de la mañana, siendo esta de 2,084 pasajeros, el periodo pico de la tarde se presenta a las 18:00 horas y presenta un número de usuarios de 1443, el promedio de ocupación observado en la hora de máxima demanda es del 75%, a lo largo del día se presenta un promedio de ocupación de 52 %.

En la tabla 2.7 se muestra la hora de aforo, la clave con la que se codifico el punto de aforo, la cual fue 1.1 (la codificación para cada apunto de aforo se describió anteriormente) para el sentido Norte – Sur, el número de pasajeros por hora, la ubicación y la ocupación que se tuvo en cada hora de aforo.

**Tabla 2.7. pasajeros para cada periodo de aforo (punto 1.1)**

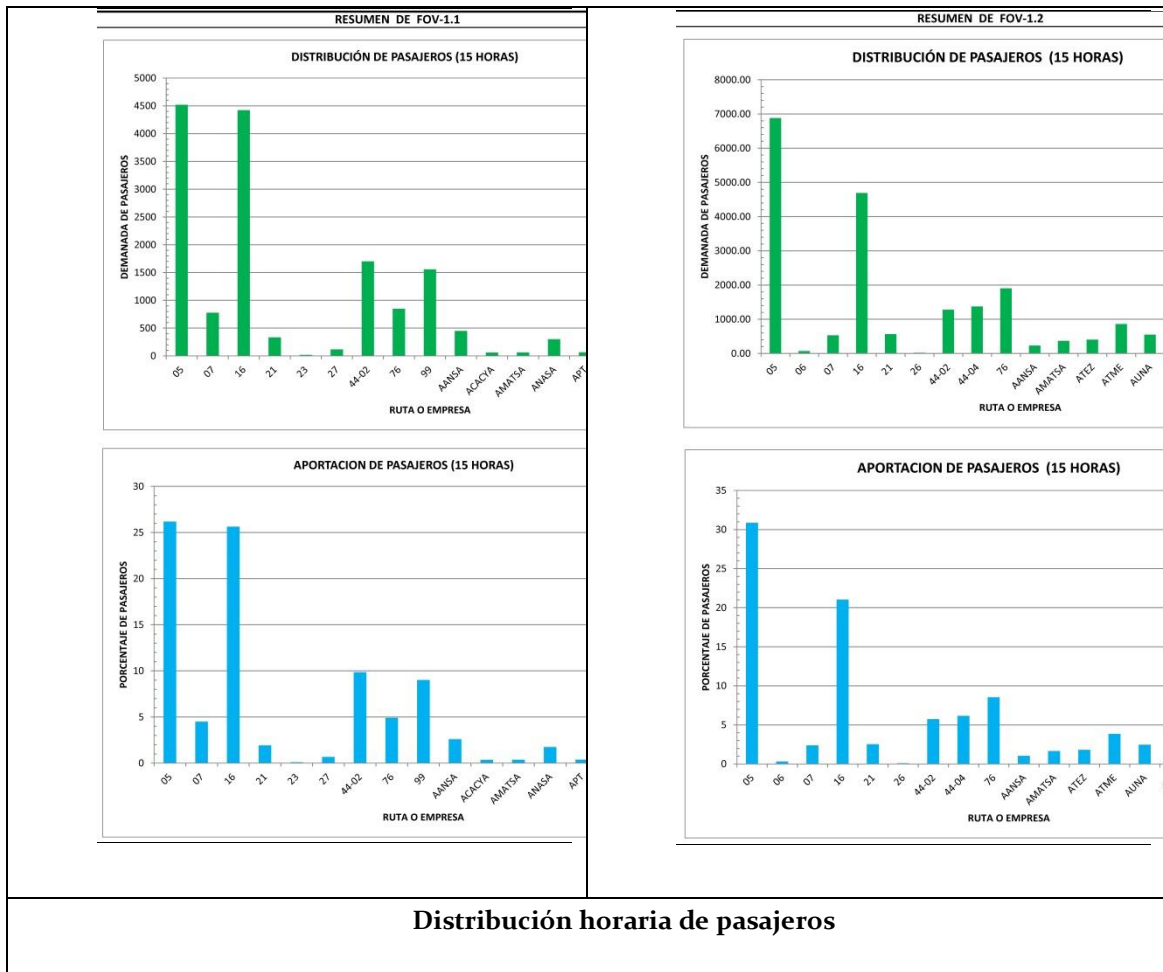
SENTIDO NS	CLAVE 1.1			
HORA	FOV	PAX/H	UBICACIÓN	OCUPACIÓN PROMEDIO (%)
06:00	1.1	2,084	Vía Dr. Gustavo Baz – Negra Modelo	75
07:00		1,531		50
08:00		1,694		50
09:00		728		75
10:00		563		75
11:00		751		75
12:00		1,035		75
13:00		1,174		75
14:00		1,127		25
15:00		1,375		25
16:00		1,048		25
17:00		1,170		25
18:00		1,443		25
19:00		1,080		75
20:00		454		50

Fuente: Elaboración propia

La aportación de las rutas en la hora de máxima demanda se observa en la figura 2.10 en la parte inferior, así mismo se muestra el número de pasajeros aportados por ruta, teniendo como resultado que la ruta con mayor aportación de pasajeros es la ruta 05 (Autotransportes Gustavo Baz y Anexas S.A. de C.V Autotransportes Gustavo Baz y Ramales S.A. de C.V.) con un total de 730 pasajeros, posteriormente le sigue la ruta 16 (Ruta 16) con 589 pasajeros, seguido de la ruta 76(Enlaces Interestatales del Estado de México S.A de C.V Ruta 76) con 276 pasajeros, la Ruta 44-02 (Unión Independiente de Autotransportes del Estado de México S.A de C.V R-44-02 44-01) tiene una aportación de 206 pasajeros, la ruta 99 (ruta metropolitana de transporte de pasajeros 99) tiene una aportación de 160 pasajeros, la ruta AANSA(Autotransportes Águilas de Naucalpan) tiene una aportación de 55 pasajeros, la ruta 07 tiene una aportación de 51 pasajeros y la ruta 23 tiene una aportación de 17 pasajeros.

En la figura 2.10 de la parte inferior se muestra la aportación de pasajeros que tiene cada ruta expresada en porcentaje, los volúmenes presentados son el resultado del aforo de 15 horas continuas de un día hábil de la semana.

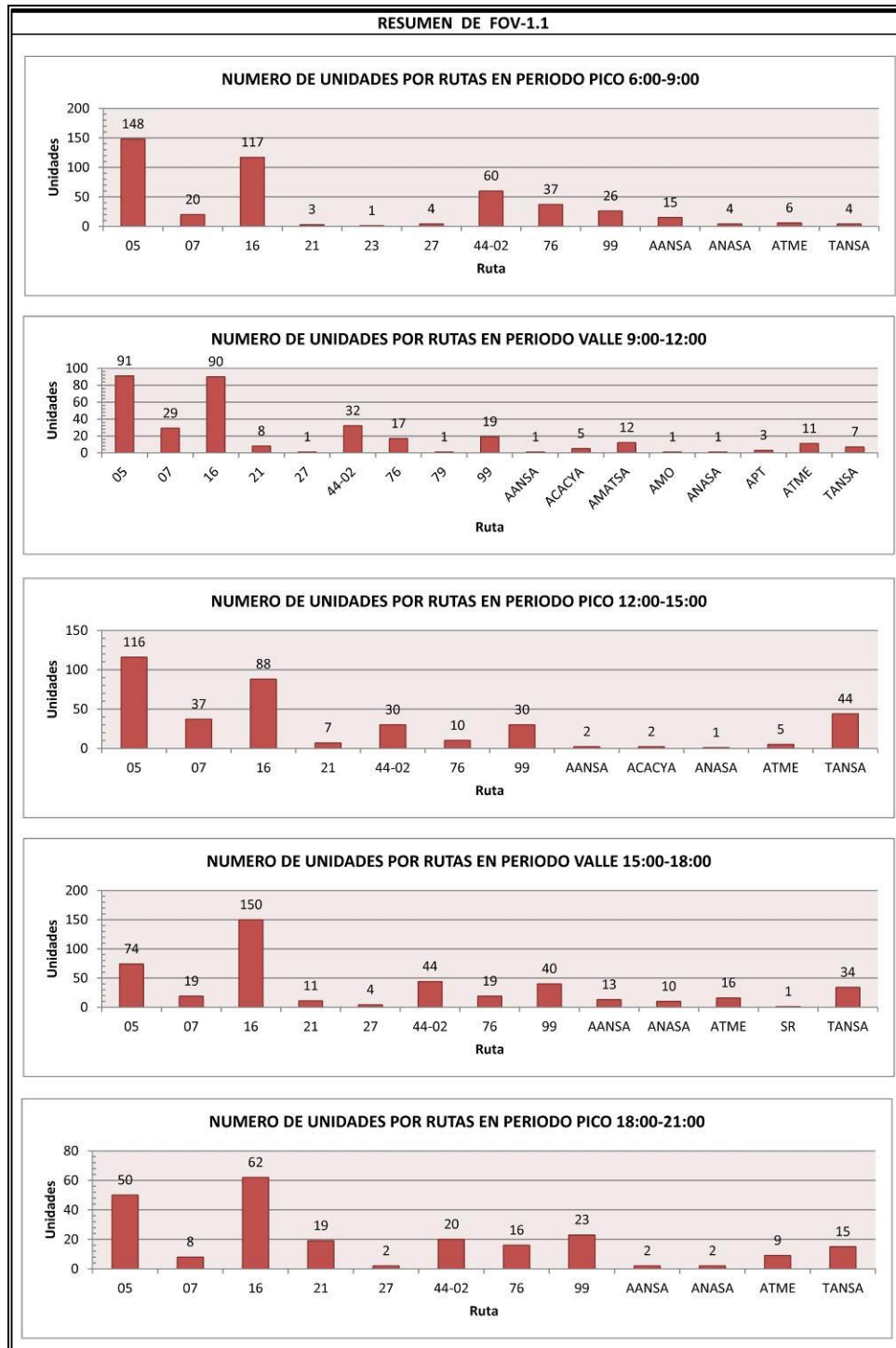
**Figura 2.10. Pasajeros observados por punto de aforo**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.11 se muestra la distribución de pasajeros que aportan al corredor troncal las diferentes rutas durante todo el periodo de aforo el cual fue de 15 horas continuas de un día hábil de la semana, teniendo principalmente a la Ruta 05 con 4,536 pasajeros, la ruta 16 la cual funciona como alimentadora en un punto del corredor tiene 4,427 pasajeros, la Ruta 44-02 es una ruta troncal la cual aporta 1,700 pasajeros, la ruta 99 tiene una aportación de 1,556 pasajeros la cual es alimentadora en un punto del corredor, la ruta TANSA también funciona en un punto del corredor como alimentadora, la ruta 76 es una ruta totalmente troncal la cual tiene una aportación de 848 pasajeros.

**Figura 2.11. Aportación de unidades por ruta en diferentes periodos (FOV 01)**



Fuente: Elaboración propia

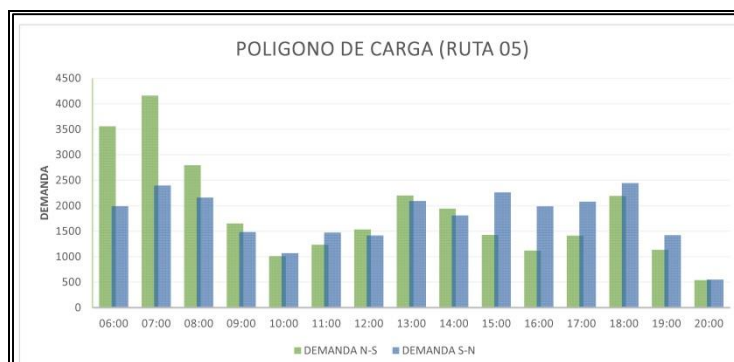
A continuación, se muestra a manera de resumen en la tabla 2.8 la demanda y la ocupación promedio que presentan las rutas que ostentan la mayor demanda a lo largo del corredor, durante el periodo de aforo el cual fue de 15 horas.

**Tabla 2.8. Ocupación y demanda de la Ruta 05**

HORA	RUTA	OCUPACION		DEMANDA	
		N-S	S-N	N-S	S-N
06:00	05	75%	50%	3,558	1,989
07:00		75%	50%	4,160	2,394
08:00		50%	50%	2,793	2,157
09:00		50%	25%	1,651	1,482
10:00		25%	25%	1,008	1,066
11:00		25%	25%	1,231	1,472
12:00		25%	25%	1,532	1,415
13:00		50%	50%	2,201	2,090
14:00		25%	50%	1,942	1,808
15:00		25%	50%	1,425	2,260
16:00		25%	50%	1,116	1,987
17:00		25%	50%	1,410	2,079
18:00		50%	75%	2,190	2,442
19:00		50%	75%	1,134	1,421
20:00		50%	50%	540	550
<b>Total</b>				<b>27,891</b>	<b>26,612</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.12. Comportamiento de carga en ambos sentidos (Ruta 05)**



Los usuarios registrados en los puntos de aforo establecidos en el corredor se muestran en la tabla 2.9, esta información fue útil para obtener la frecuencia de paso y el número total de servicios para la expansión de la encuesta OD en volumen promedio diario.

**Tabla 2.9. Pasajeros observados en los puntos de aforo**

CLAVE	VIALIDAD	INTERSECCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN	PASAJEROS/DIA	PAX HDM
FOV 1.1	Vía Dr. Gustavo Baz	Negra Modelo	Norte - Sur	17,257	2,084
FOV1.2	Vía Dr. Gustavo Baz	Negra Modelo	Sur- Norte	22,291	2,128
FOV 2.1	Vía Dr. Gustavo Baz	San Agustín	Norte - Sur	5,978	690
FOV 2.2	Vía Dr. Gustavo Baz	San Agustín	Sur- Norte	10,203	1,215
FOV 2.4	Vía Dr. Gustavo Baz	San Agustín	Este-Oeste	6,825	894
FOV 3.1	Vía Dr. Gustavo Baz	Adolfo López Mateos	Norte - Sur	34,792	4,614
FOV 3.2	Vía Dr. Gustavo Baz	Santa Mónica	Sur- Norte	6,291	986
FOV 3.3	Vía Dr. Gustavo Baz	Santa Mónica	Oeste-Este	20,262	5,018
FOV 5.1	Vía Dr. Gustavo Baz	Av. Mario Colín	Norte - Sur	26,335	3,946
FOV 5.2	Vía Dr. Gustavo Baz	Av. Mario Colín	Sur- Norte	17,661	2,414
FOV 5.3	Vía Dr. Gustavo Baz	Av. Mario Colín	Oeste-Este	26,004	3,126
FOV 5.4	Vía Dr. Gustavo Baz	Av. Mario Colín	Este-Oeste	14,665	1,689
FOV 6.3	Vía Dr. Gustavo Baz	Sor Juana Inés	Oeste-Este	14,504	1,512
FOV 7.4	Vía Dr. Gustavo Baz	1 de Mayo	Este-Oeste	2,765	386
FOV 8.3	Vía Dr. Gustavo Baz	Rio Lerma	Oeste-Este	14,375	1,508
FOV 8.4	Vía Dr. Gustavo Baz	Rio Lerma	Este-Oeste	18,886	2,295
FOV 9.3	Vía Dr. Gustavo Baz	Lago de Guadalupe	Oeste-Este	25,411	3,638
FOV 9.4	Vía Dr. Gustavo Baz	Lago de Guadalupe	Este-Oeste	19,792	3,249
FOV 10.1	Vía Dr. Gustavo Baz	Del Parque	Norte - Sur	43,002	8,865
FOV 10.2	Vía Dr. Gustavo Baz	Del Parque	Sur- Norte	30,550	4,355
TOTAL				377,849	

Fuente: Elaboración propia

La demanda diaria registrada de las Rutas Troncales, que cumplen con el itinerario de la Estación la Quebrada a San Bartolo Naucalpan y que recorren la totalidad del corredor en estudio es de 87,037 pasajeros diarios, la demanda que se presenta por rutas troncales con influencia directa en el corredor es de 129,991 pasajeros diarios, en conjunto dan un total de 217,028 pasajeros los que representa el 58% de la demanda global registrada en las estaciones de aforo. En la tabla 2.10 se muestra la distribución de demanda para cada una de estas rutas troncales.

**Tabla 2.10. Distribución de la demanda de rutas a analizadas**

<b>RUTAS TRONCALES ANALIZADAS</b>			
<b>CLAVE</b>	<b>DEMANDA TOTAL</b>	<b>DEMANDA SN</b>	<b>DEMANDA NS</b>
05	54,503	26,612	27,891
44-02	6,903	2,900	4,003
44-04	5,946	4,605	1,341
GM	8,918	6,127	2,791
76	10,767	6,176	4,591
AMTP	30,444	16,470	13,974
ACACYA	14,934	1,891	13,043
99	30,419	5,339	25,080
AT	4,891	2,991	1,900
SPT	2,742	1,706	10,36
R-89	8,668	568	8,100
R-25	37,893	17,255	20,638
<b>TOTAL</b>	<b>217028</b>	<b>92,640</b>	<b>103,750</b>

Fuente: Elaboración propia

### **CAPÍTULO III.-**

## **DESARROLLO DEL MODELO PARA LA ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL CORREDOR LA QUEBRADA – ETRAM DE 4 CAMINOS**

La planeación del transporte y puntualmente la planeación del transporte público de pasajeros en la Vía Dr. Gustavo Baz, busca ofrecer a los usuarios alternativas o sistemas que mejoren sus condiciones actuales de viaje, en términos de tiempo de viaje, nivel de servicio, comodidad y seguridad.

La complejidad de los sistemas de transporte y la necesidad de presentar las decisiones de los usuarios, conlleva a contar con herramientas analíticas que permita disponer de un adecuado conocimiento y alternativas, para poder hacer predicciones sobre el comportamiento de los usuarios, dentro de estas herramientas el uso de modelos es de gran utilidad en la propuesta de soluciones, orientadas a lograr los objetivos propuestos para el sistema, los cuales se convertirán a su vez en una gran ayuda para los procesos de planeación y toma de decisiones.

El uso de modelos dentro de la planeación del transporte tiene importancia en la medida en que permite un mejor entendimiento del comportamiento del sistema analizado y contribuya a la generación y análisis de alternativas. Los modelos de transporte y especialmente los modelos de asignación de demanda, están basados a minimizar la función de costo generalizado de viaje. Para la estimación de la demanda que se tiene y se tendría en la Vía Dr., Gustavo Baz al implementarse un sistema de transporte masivo; el estudio en campo se limitó a una muestra de 12 rutas, de las cuales 5 tienen la función de ser rutas troncales esto quiere decir que recorren la totalidad de la vía donde se implantará el sistema de transporte masivo, las 7 rutas restantes tienen una clasificación de rutas troncales sin embargo su recorrido en la vía Dr. Gustavo Baz es corto pero tienen un porcentaje significativo de usuarios en el corredor diariamente. Bajo las condiciones anteriores el objetivo es el diseño de trazo y elección de la solución tecnológica más eficiente para el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos o en su caso la propuesta de conexión

hacia el metro Rosario, en donde actualmente converge la Línea 6 del Metrobús que corre de la estación del metro Rosario a Aragón.

### **3.1 Metodología**

El proceso de modelación se refiere a todas las etapas necesarias para la caracterización de la oferta y la demanda y la determinación de un estado de referencia considerando el equilibrio del sistema de transporte del corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos. Entendiendo la caracterización como la representación de una realidad a partir de un modelo ya sea semántico, o alimentado. La caracterización de la oferta incluye, por un lado, la representación de los diferentes modos de transporte que encuentran en interrelación en la zona de estudio como la infraestructura necesaria para su funcionamiento.

La caracterización de la demanda permite representar la necesidad de movilidad y las preferencias de elección de los usuarios que se desplazan en el área de estudio establecida con tal objeto se define y obtiene la distribución espacial y temporal de los desplazamientos a través de un matriz origen – destino referida a un periodo determinado del día (la hora de máxima demanda) mientras que las características de elección se generan por medio de encuestas origen – destino.

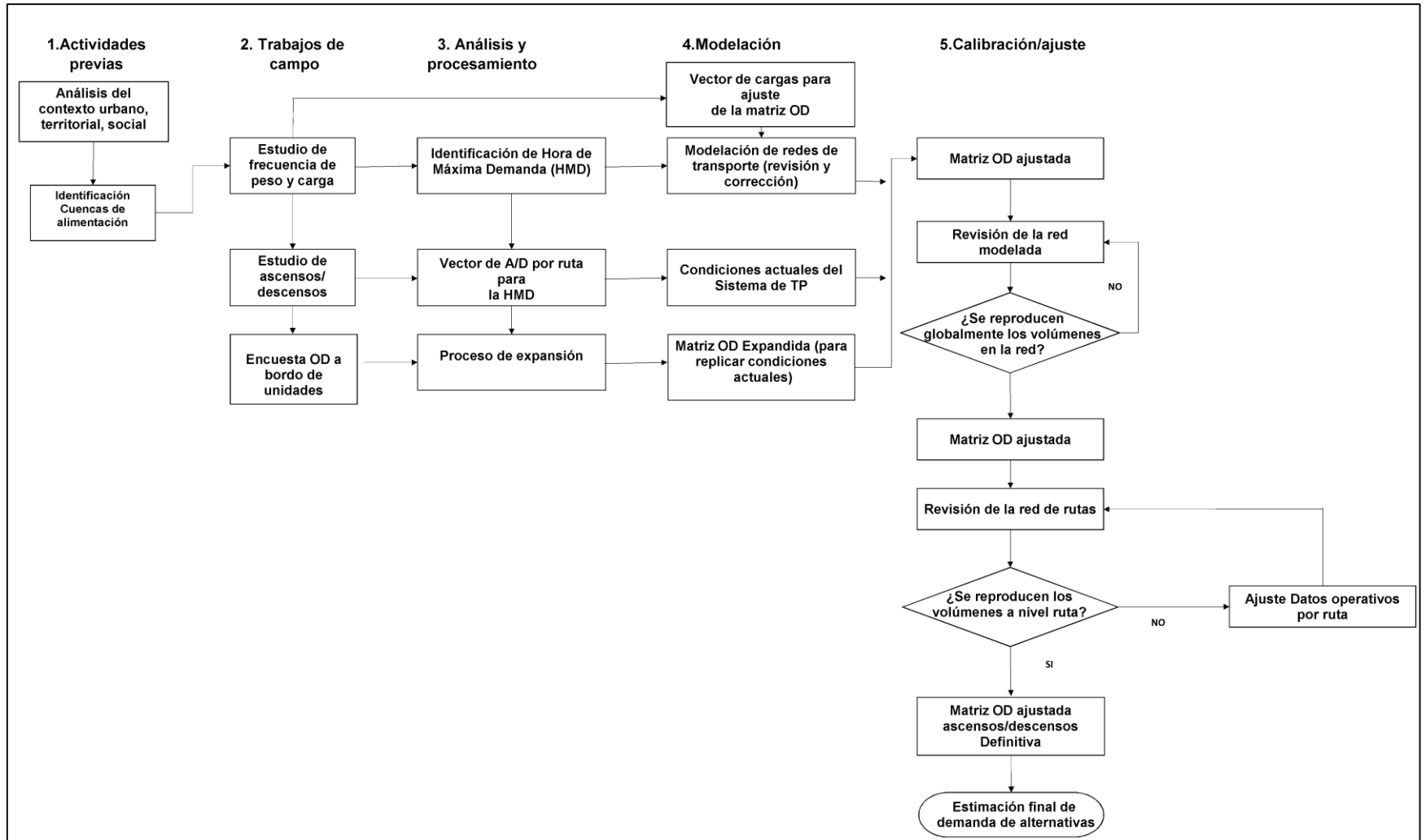
Finalmente, el estado de referencia considerado se calcula de la relación oferta demanda, previamente caracterizados a través de la asignación de los usuarios a las redes de transporte. El objetivo de la asignación consiste en encontrar una distribución espacial de los viajes, a partir de un criterio de equilibrio que se establece y que a su vez sirva para representar la realidad observada durante los trabajos de campo; este proceso se denomina ajuste o calibración del modelo de asignación. Esta situación de referencia puede emplearse posteriormente para compararla con escenarios futuros, que contemplen la modificación de la oferta, con la intención de identificar si dicha acción impactara de manera positiva o negativa al conjunto de usuarios o a las condiciones de funcionamiento del sistema de transporte.

La estimación de la demanda para los escenarios de análisis del corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos se obtuvo a través de la metodología que se muestra en la figura 3.1. El enfoque utilizado para desarrollarla fue la modelación a nivel ruta y a nivel de usuario que consiste en representar la red actual de rutas, la red de vialidades y la demanda de los usuarios de transporte público en las condiciones más críticas de funcionamiento correspondientes al periodo de máxima de manda.

La metodología descrita se compone principalmente de cinco actividades:

- Actividades previas
- Trabajos en campo
- Análisis y procesamiento
- Modelación
- Calibración/ajuste

**Figura 3.1 Metodología para el análisis de la demanda de un sistema BRT**



Fuente: Juan de Dios Oruzar

## **3.2 Caracterización de la oferta de transporte publico**

En la caracterización de la oferta se indicarán las principales características de las vialidades y red de transporte público en el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 caminos, que son el objeto de estudio. En cada una de estas se configuran los parámetros que permiten establecer las características de funcionamiento sobre la oferta de transporte mediante los estudios anteriormente descritos con el objetivo de incorporarlos a un modelo de demanda, esta comprende las siguientes actividades:

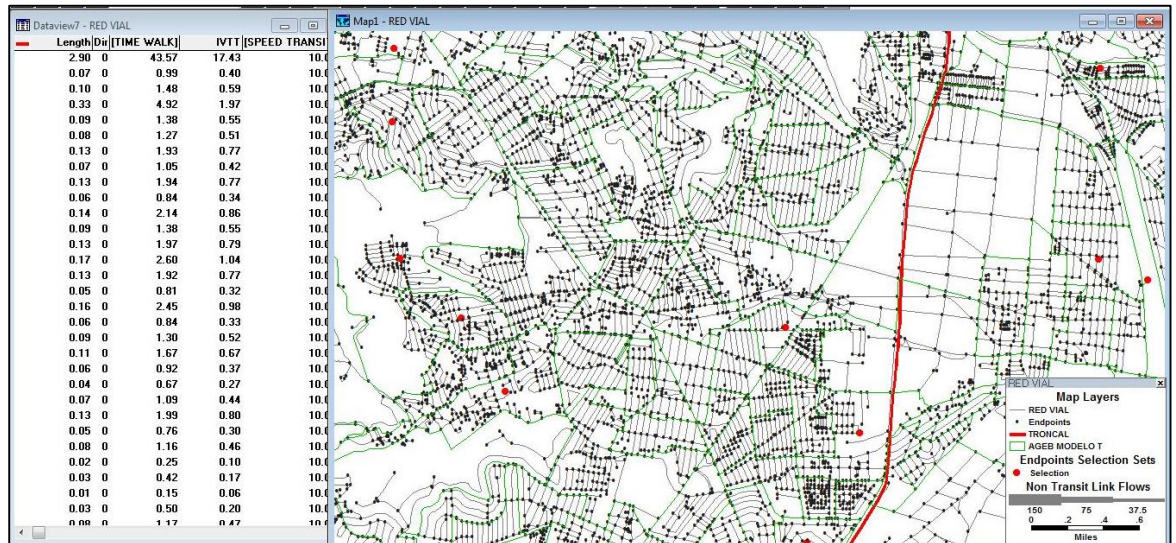
### **3.2.1 Red de vialidades**

La red de vialidades para el modelo del corredor La Quebrada – Etram de 4 caminos fue generada en el paquete computacional TransCad. Para su desarrollo se utilizó la traza urbana de la zona Nororiente de la zona metropolitana de la Ciudad de México publicada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) la cual fue empleada para el trazo de arcos y nodos.

Mediante la información de la red referida se ubicaron los arcos y nodos, se verifico la topología de la red y a conectividad entre nodos y arcos, además se integraron todos los tramos y sus respectivas intersecciones, así como la generación de centroides de cada una de las colonias utilizadas para este modelo.

Adicional a la información detallada de la red vial seleccionada se generan arcos y nodos de cada uno de los centroides de las colonias que funcionan como zonas de atracción y generación de viajes. Para el reconocimiento de estas zonas se realizó la conexión de centroides, desde las zonas hacia la red vial.

**Figura 3.2. Caracterización de la red de vialidades**



Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración Propia

### 3.2.2 Datos operativos de la red vial

Los datos operativos de la red vial que se configuraron para estructurar el modelo se muestran en la figura 3.3 los cuales fueron:

- Longitud
- Tiempo de caminata
- Tiempo de recorrido en las unidades de transporte publico
- Velocidad de caminata
- Conteos vehiculares por sentido de circulación
- Alpha
- Beta
- Tipo de vialidad
- Capacidad de la vía
- Valor subjetivo del tiempo
- Número de carriles
- Velocidad

**Figura 3.3 Datos operativos de la red vial**

ID	Length	Dm	TIME_WALK	IVTT	SPEED_TRAN	AB_ACCOUNT	ALPHA	BETA	AB_ACCOUNT	SPEED_WALK	ROAD_TYPE	CAPACITY	VOT	LINE	SPEED	FFTIME	TIPOVIA
19954	2.90	0	43.57	17.43	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	2.48	AUTOPIS
930	0.07	0	0.99	0.40	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.06	
931	0.10	0	1.40	0.59	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.08	
932	0.33	0	4.92	1.97	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.28	
940	0.09	0	1.38	0.55	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.08	
981	0.08	0	1.27	0.51	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.07	
5927	0.13	0	1.93	0.77	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.11	
5928	0.07	0	1.05	0.42	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.06	
5929	0.13	0	1.94	0.77	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.11	
5948	0.06	0	0.84	0.34	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.05	
5986	0.14	0	2.14	0.86	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.12	
6005	0.09	0	1.38	0.55	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.08	
6072	0.13	0	1.97	0.79	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.11	
6130	0.17	0	2.60	1.04	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.15	
6185	0.13	0	1.92	0.77	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.11	
6189	0.05	0	0.81	0.32	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.05	
6218	0.16	0	2.45	0.98	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.14	
6225	0.06	0	0.84	0.33	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.05	
6290	0.09	0	1.30	0.52	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.07	
6317	0.11	0	1.67	0.67	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.10	
6322	0.06	0	0.92	0.37	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.05	
6355	0.04	0	0.67	0.27	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.04	
6376	0.07	0	1.09	0.44	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.06	
6409	0.13	0	1.99	0.80	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.11	
6419	0.05	0	0.76	0.30	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.04	
6439	0.08	0	1.16	0.46	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.07	
6466	0.02	0	0.25	0.10	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.01	
6483	0.03	0	0.42	0.17	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.02	
6495	0.01	0	0.15	0.06	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.01	
6528	0.03	0	0.50	0.20	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.03	
6548	0.08	0	1.17	0.47	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.07	
7406	0.03	0	0.41	0.16	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.02	CALLE
7417	0.11	0	1.58	0.63	10.00	--	0.15	4.00	--	4.00	1.00	1200.00	1.20	2.00	70.00	0.09	CALLE

Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

A manera de resumen en la tabla 3.1 se presentan los atributos más representativos para la configuración de la red vial.

**Tabla 3.1 Atributos de la red vial**

ID	TIME_WALK	IVTT	SPEED_TRAN	ALPHA	BETA	AB_ACCOUNT	SPEED_WALK	ROAD_TYPE	VOT	LINE	SPEED	FFTIME
19954	43.57412	17.429648	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	2.48995
930	0.990854	0.396342	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.05662
931	1.479474	0.59179	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.084541
932	4.924516	1.969806	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.281401
940	1.38444	0.553776	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.079111
981	1.266648	0.506659	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.07238
5927	1.932907	0.773163	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.110452
5928	1.047005	0.418802	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.059829
5929	1.937492	0.774997	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.110714
5948	0.84054	0.336216	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.048031
5986	2.143311	0.857324	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.122475
6005	1.376839	0.550736	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.078677
6072	1.96695	0.78678	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.112397
6130	2.602072	1.040829	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.14869
6185	1.923909	0.769564	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.109938
6189	0.809686	0.323875	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.046268
6218	2.453751	0.9815	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.140214
6225	0.837296	0.334918	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.047845
6290	1.304757	0.521903	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.074558
6317	1.666271	0.666508	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.095215
6322	0.919141	0.367656	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.052522
6355	0.670256	0.268103	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.0383
6376	1.088838	0.435535	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.062219
6409	1.990856	0.796342	10	0.15	4		4	1	1.2	2	70	0.113763

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Red de transporte publico

La red de transporte público se generó a partir de los datos obtenidos de rutas y paradas generadas partir de los datos de campo, estos procesos son:

- Trazado de rutas y paradas
- Datos operativos de las rutas
- Esquema tarifario

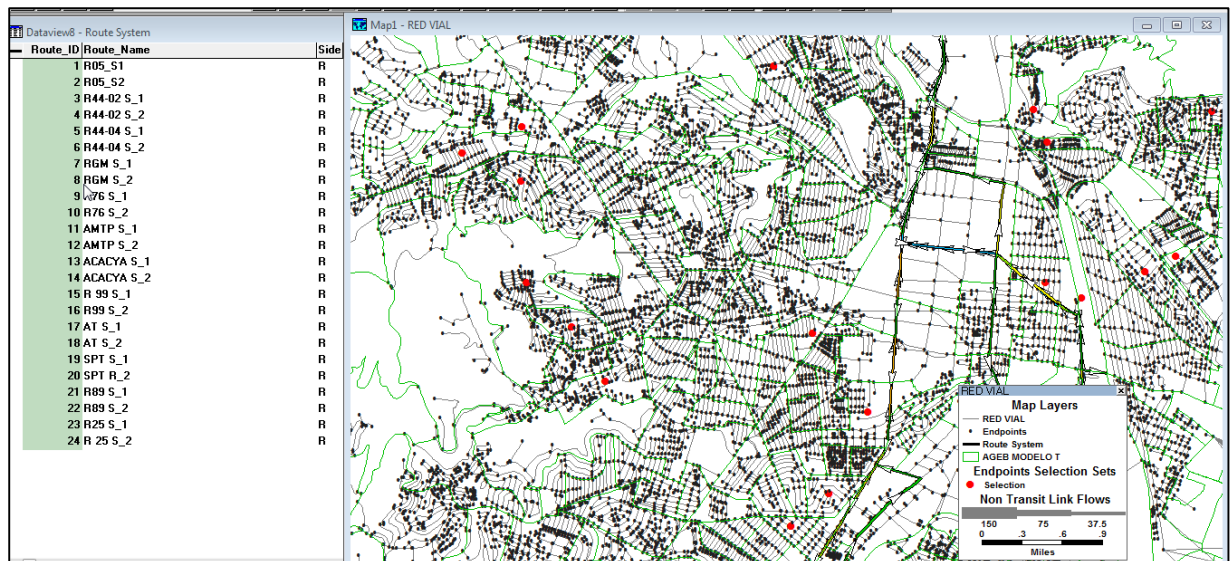
### 3.2.4 Trazado de rutas y paradas

Cada ruta se representó por dos derroteros, ubicados en los arcos que se unieron consecutivamente de acuerdo a las paradas. Cada uno de los derroteros cuenta con la información correspondiente:

- Nombre de la ruta,
- Frecuencia de paso,
- Velocidad,
- Número de unidades,
- Tarifa,
- Modo de transporte y
- Longitud

En la figura se muestra el esquema de simulación en TransCad generado para la configuración de atributos para el sistema de rutas de transporte público.

**Figura 3.4 Atributos de la red de transporte publico**



Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

En la tabla 3.2 se muestra un resumen de los atributos con los que se configuro la red de transporte público, a partir de datos levantados en campo.

**Tabla 3.2 Atributos de las rutas de transporte público**

ROUTE_ID	ROUTE_NAME	HEADWAY	SPEED	NO_UNI	FARE	MODE	LENGTH
1	R05_S1	12	14	60	12.5	1	11.809189
2	R05_S2	8	15	60	12.5	1	12.633058
3	R44-02 S_1	12	14	30	12.5	1	10.899075
4	R44-02 S_2	8	16	30	12.5	1	10.809559
5	R44-04 S_1	3	17	20	12.5	1	11.141634
6	R44-04 S_2	3	15	20	12.5	1	10.545354
7	RGM S_1	5	15	12	12.5	1	11.619573
8	RGM S_2	5	14	12	12.5	1	11.516403
9	R76 S_1	8	17	15	12.5	1	11.813096
10	R76 S_2	8	14	15	12.5	1	10.549021
11	AMTP S_1	2	12	30	12.5	1	7.430618
12	AMTP S_2	8	14	30	12.5	1	6.287013
13	ACACYA S_1	5	14	12	12.5	1	7.660029
14	ACACYA S_2	5	14	12	12.5	1	7.046596
15	R 99 S_1	8	14	30	12.5	1	8.908979
16	R99 S_2	8	14	30	12.5	1	8.632249
17	AT S_1	8	12	30	12.5	1	7.426442
18	AT S_2	8	12	30	12.5	1	7.432912
19	SPT S_1	4	12	15	12.5	1	7.595995
20	SPT R_2	4	14	15	12.5	1	7.610145
21	R89 S_1	5	12	20	12.5	1	9.797603
22	R89 S_2	5	15	20	12.5	1	9.559442
23	R25 S_1	8	13	30	12.5	1	5.174952
24	R 25 S_2	8	14	30	12.5	1	5.069817


Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5 Datos operativos de las paradas de transporte publico

Los datos operativos de las rutas de transporte público referente a paradas que se configuraron para estructurar el modelo se muestran en la **figura 3.5** los cuales fueron

- Pasajeros que suben a la unidad de transporte público (ON)
- Pasajeros que bajan de la unidad de transporte público (OFF)
- Pasajeros a bordo de la unidad de transporte público (RIDERSHIP)

**Figura 3.5 Datos operativos de paradas de transporte publico**

	ID	Longitude	Latitude	Route_ID	Pass_Count	Milepost	STOP_ID	ON	OFF	RIDERSHIP	TAG
	367	-99214465	19512619	22	1	8.235508	367	12	9	30	39944
	368	-99210810	19509517	22	1	8.572049	368	0	4	26	71
	369	-99202921	19498522	22	1	9.559441	369	0	26	0	816
	370	-99207373	19578912	23	1	0.000625	370	207	0	207	13333
	371	-99203547	19579880	23	1	0.668125	371	67	16	258	18582
	372	-99202442	19572827	23	1	1.160514	372	45	12	291	25944
	373	-99202943	19565046	23	1	1.706213	373	47	22	316	25771
	374	-99204662	19556231	23	1	2.328565	374	42	22	336	25488
	375	-99206805	19548292	23	1	2.894300	375	41	45	332	15160
	376	-99189110	19541599	23	1	4.207965	376	67	56	343	17162
	377	-99186364	19533786	23	1	4.867370	377	34	32	345	14705
	378	-99186042	19529325	23	1	5.174952	378	0	345	0	14717
	379	-99186042	19529325	24	1	0.000000	379	148	0	148	14717
	380	-99196058	19547173	24	1	1.568712	380	78	2	224	25203
	381	-99195215	19554745	24	1	2.093028	381	77	15	286	16005
	382	-99204657	19556244	24	1	2.723246	382	87	22	351	25488
	383	-99203239	19563545	24	1	3.239214	383	59	22	388	25724
	384	-99203545	19579952	24	1	4.387687	384	53	45	396	18582
	385	-99207444	19578316	24	1	4.719624	385	29	38	387	26076
	386	-99207365	19578915	24	1	5.069755	386	0	387	0	13333

Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

Esquema tarifario: para el esquema tarifario se estableció la tarifa que los diferentes modos de transporte que se tienen en la zona de estudio la cual es una tarifa zonal la cual tienen variación que va de los 8 pesos hasta los 15 pesos.

### 3.3 Caracterización de la demanda

La demanda se presentó por medio de la distribución espacial de viajes (colonias). Esta distribución indica el origen y el destino de los pasajeros, así mismo representa el movimiento de las personas entre las zonas determinadas (centroides). La demanda se presenta como una matriz de Origen-Destino, en donde se incluyen los 392 centroides, a manera de ejemplo se muestra en la figura 3.6 una fracción de la matriz general, de manera inicial se consideró una matriz de 14,161 viajes.

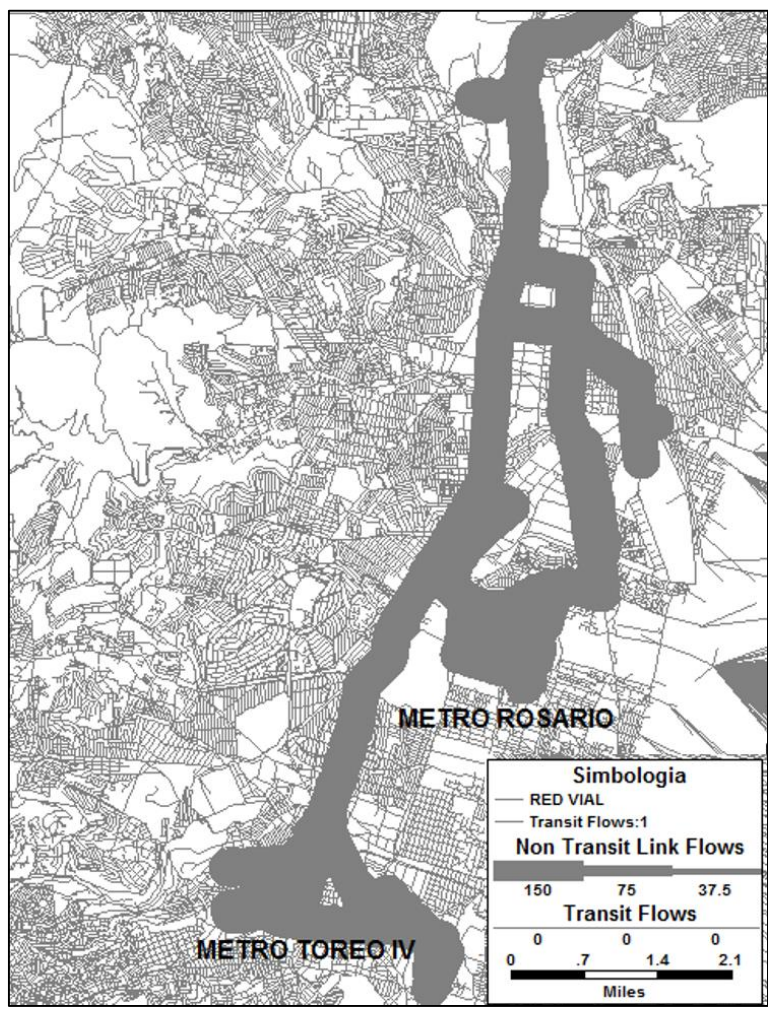
**Figura 3.6. Caracterización de la demanda (matriz OD)**

	58341	58345	58346	58347	58348	58349	58350	58351	58352	58353	58354	58355	58358	58359	58360	58361	58362	58363	58364	Sum
58517	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2.000
58518	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58519	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58521	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	7.000
58522	1.000	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	1.000	56.000
58524	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3.000
58525	..	..	..	..	..	..	..	..	2.000	..	1.000	..	..	..	..	..	1.000	2.000	..	1052.208
58526	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	4.000
58527	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	4.000
58529	..	1.000	3.000	..	1.000	..	..	..	2.000	1.000	..	..	..	..	..	1.000	..	1.000	..	137.371
58530	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	..	38.921
58531	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2.000
58532	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	5.000
58533	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58534	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	4.000
58535	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	..	..	..	25.618
58536	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	17.000
58537	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	7.000
58538	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	41.543
58540	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	80.625
58541	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2.038
58542	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2.000
58543	..	1.000	..	..	..	..	..	2.000	..	..	..	1.000	..	..	..	..	..	..	..	75.919
58544	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	2.000	..	111.719
58545	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	16.536
58546	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2.000
58547	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58548	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	..	..	..	..	..	254.705
58549	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58550	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000	5.000
58552	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1.000
58554	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	17.000
Sum	2.000	7.000	6.000	1.000	6.000	1.000	1.000	2.000	6.000	1.000	2.000	2.000	1.000	1.000	3.000	1.000	2.000	20.000	3.000	8574.016

Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

Una vez configurado el modelo con todos sus atributos operativos se procedió a realizar las iteraciones correspondientes logrando la asignación y teniendo como resultado los que la demanda en la hora de máxima demanda, tiene como destino el metro Rosario y la zona centro del municipio de Tlalnepantla con un total de 10,014 viajes, los viajes que se realizan hacia la zona centro del municipio de Naucalpan y hacia el Toreo de 4 Caminos en la hora de máxima demanda es de 3,748, en la figura 3.7 se muestra de forma esquemática el comportamiento de la demanda para las estaciones del metro Rosario y la estación del Toreo de cuatro caminos.

**Figura 3.7 Comportamiento de la demanda en HDM**



Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

### 3.4 Expansión de la matriz Origen - Destino

Se aplicaron 2,712 encuestas origen-destino, las encuestas se aplicaron a bordo de las unidades en 12 de las rutas consideradas para el estudio del corredor, de las cuales se obtuvieron factores de expansión por hora y día mostrados en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3. Expansión de la matriz Origen - Destino**

RUTA	FACTOR DE EXPANSIÓN DÍA	FACTOR DE EXPANSIÓN HORA	VIAJES DIARIOS	VIAJES HDM
R-025-01	1,984	347	13,888	2,428
R-025-02	1,241	168	16,128	2,180
R-005-01	38	8	22,011	976
R-005-02	43	18	22,744	1,191
R-044-01	17	5	5,118	322
R-044-02	10	20	3,412	597
R-076-01	69	6	3,377	108
R-076-02	32	188	2,456	375
R-089-01	83	18	5,648	382
R-089-02	75	51	3,530	203
R-099-01	44	22	4,847	424
R-099-02	318	98	22,922	781
R-OGM-01	44	3	4,089	74
R-OGM-02	22	61	2,337	366
R-ACACYA-01	47	164	1,176	1,314
R-ACACYA-02	306	40	7,644	202
R-AMTP-01	188	31	14,130	467
R-AMTP-02	156	75	11,365	1,124
R-AT-01	42	26	1,637	105
R-AT-02	34	405	1,484	405
R-SPT-01	68	7	887	90
R-SPT-02	58	4	700	48
<b>TOTAL</b>			<b>171,529</b>	<b>14,161</b>

Fuente: Elaboración propia

### **3.5 Calibración del modelo de transporte público**

Para lograr un nivel aceptable de confiabilidad de la información se procedió a realizar la correlación entre los volúmenes diarios de demanda por ruta y los volúmenes obtenidos de la simulación, de tal forma que se reproduzca la realidad observada en una situación temporal adoptada como referencia, se tomó como base los resultados de los estudios AD (ascenso/descenso) en la hora de máxima demanda de la zona de estudio.

La actividad de calibración fue un proceso interactivo entre las siguientes fases de operación de una forma cíclica hasta la aproximación de una aproximación aceptable la cual fue mayor al 70%:

- Asignación de la demanda a una oferta inicial (AD en hora de máxima demanda)
- Obtención demandas modales específicas
- Evaluación grado de ajuste a medidas de referencia
- Modificación de parámetros modelo de transporte
- Nueva asignación de la demanda

Es importante reconocer que los resultados dependen de los parámetros de asignación adoptados, no solo de la demanda o de la oferta; por tal motivo los resultados serán adecuados solo si se acepta la validez de esos parámetros. Cualquier otro parámetro, independiente de la oferta o de la demanda considerada, producirá resultados distintos.

#### **3.5.1 Calibración**

La evaluación del ajuste del modelo se calculó en referencia a la información levantada en campo de los estudios de AD:

- Volumen total de pasajeros por ruta (pasajeros a bordo)
- Ascenso de pasajeros
- Descenso de pasajeros

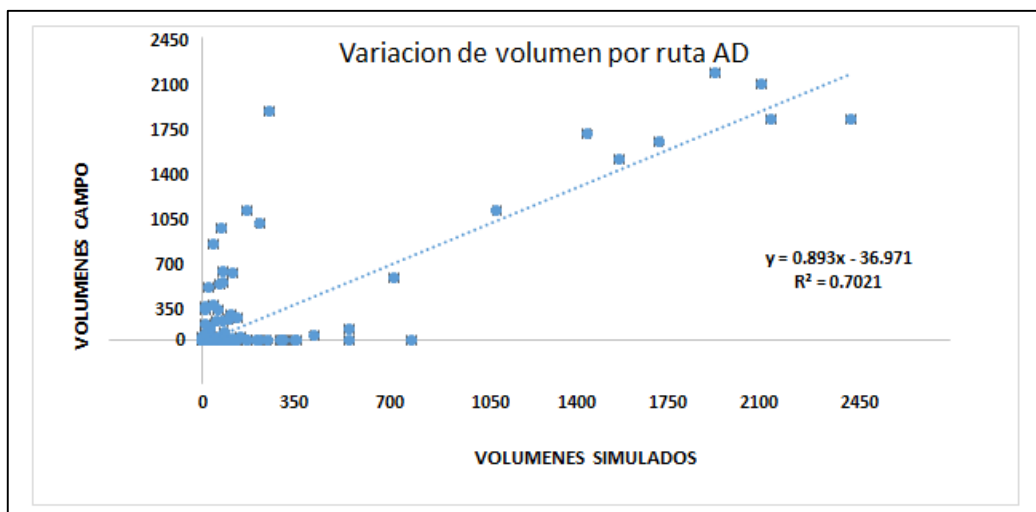
El modelo actual se considera que converge a un nivel de ajuste adecuado cuando se obtiene un equilibrio entre estos parámetros y cuando los valores no tienen variaciones menores a 1000 en la hora de máxima demanda.

El modelo actual se considera ajustado si el volumen total se acerca lo suficiente al total de la demanda observado en la ruta el cual debe de estar arriba de los 1000 pasajeros de iteración a iteración, logrando obtener una correlación mayor al 70% lo que indica que el modelo es aceptable; sin embargo, dentro de las limitaciones que se tiene en este modelo son las siguientes:

- El modelo tiene la capacidad de replicar grandes volúmenes, pero no los volúmenes bajos (menores a 200)
- El modelo tiene serios problemas para predecir volúmenes inferiores a 200 pax/hdm

En la figura 3.8 se muestra gráficamente la colección que es mayor al 70%, se muestran las limitaciones al predecir volúmenes menores a 200 pax/hdm

**Figura 3.8 Comparativa de la demanda en HDM**



Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV.-

### Selección tecnológica más eficiente para el corredor troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos

#### 4.1 Diseño de la Ruta Troncal

Realizado el análisis de la demanda que se tiene en el corredor de estudio y conociendo los orígenes y destinos principales de los usuarios de transporte público de la zona Norponiente de la Ciudad de México se proponen 14 estaciones intermedias y 3 estaciones de transferencia las cuales están distribuidas en promedio a cada 650 metros en el eje de trazo que es de 13 km, en los puntos donde mayor demanda de usuarios se presenta, con base en los estudios previos. Las estaciones que se proponen son las mostradas en la tabla 4.1.

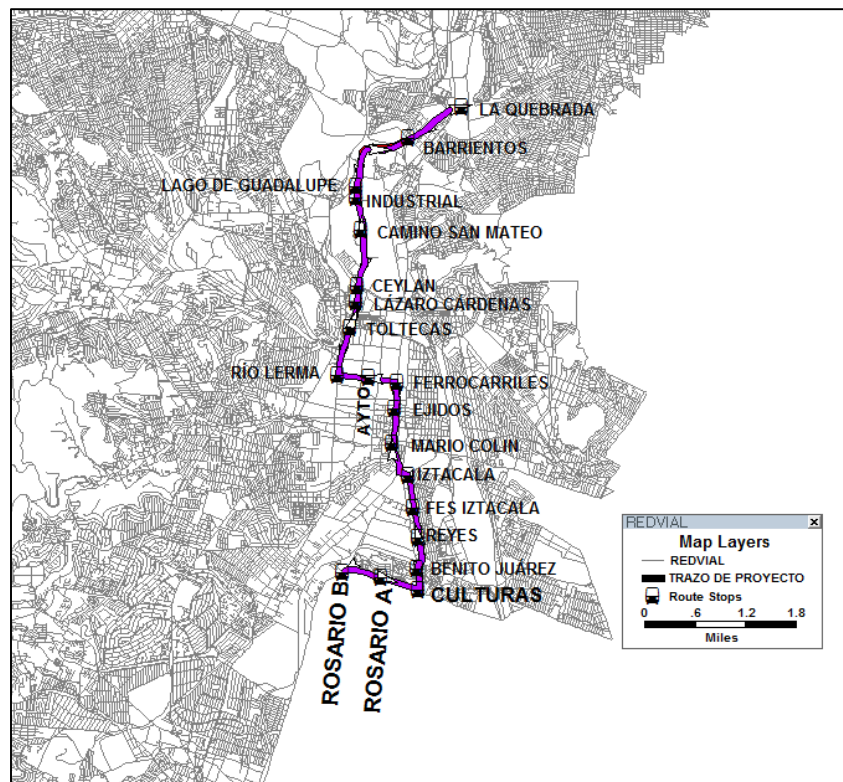
**Tabla 4.1 Estaciones propuestas**

NUMERO	ESTACION	CONFIGURACIÓN
1	LA QUEBRAD	TRANSFERENCIA
2	BARRIENTOS	INTERMEDIA
3	LAGO DE GUADALUPE	INTERMEDIA
4	INDUSTRIAL	INTERMEDIA
5	CAMINO SAN MATEO	INTERMEDIA
6	CEYLAN	INTERMEDIA
7	LAZARO CARDENAZ	INTERMEDIA
8	TOLTECAS	INTERMEDIA
9	RIO LERMA	INTERMEDIA
10	AYUNTAMIENTO	INTERMEDIA
11	FERROCARRILES	INTERMEDIA
12	EJIDOS	INTERMEDIA
13	MARIO COLIN A	INTERMEDIA
14	IZTACALA	INTERMEDIA
15	FES IZTACALA	INTERMEDIA
16	REYES	INTERMEDIA
17	BENITO JUAREZ	INTERMEDIA
18	CULTURAS	INTERMEDIA
19	ROSARIO A	TRANSFERENCIA
20	ROSARIO B	TRANSFERENCIA

Fuente: Elaboración propia

El eje de trazo que se propone comprende una longitud de aproximadamente 13 km, comenzando en la Vía Doctor Gustavo Baz, en la estación la Quebrada, cual es configurada como estación de transferencia, el trazo continua por la Vía Doctor Gustavo Baz, pasando por las estaciones intermedias Barrientos, Lago de Guadalupe, Industrial, Camino San Mateo, Ceylán, Lázaro Cárdenas, Toltecas, hasta llegar a la estación Rio Lerma y continuando por la avenida Rio Lerma, teniendo sobre esta las estaciones intermedias de Ayuntamiento y Ferrocarriles, continuando por la Avenida Radial Toltecas, la cual sirve de comunicación hacia el Centro del Municipio de Tlalnepantla, teniendo las estaciones intermedias Ejidos, Mario Colina A, Iztacala, FES Iztacala, Reyes y Benito Juárez, continuando por la Avenida de las Culturas, teniendo sobre esta una estación intermedia la cual es Culturas para posteriormente llegar al metro Rosario teniendo dos estaciones de transferencia que son las estaciones Metro Rosario A y Metro Rosario B, el eje de trazo propuesto se muestra en la figura 4.1.

**Figura 4.1 Eje de Trazo de proyecto**



**Fuente:** Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

## 4.2 Integración de rutas alimentadoras

El análisis de rutas de transporte tradicional que opera en el área de estudio se realizó a diferentes niveles dependiendo de la relevancia de las mismas, se establecerán rutas de alimentación que serán las que mejor representan el comportamiento de la demanda en la zona, resultado del análisis de la encuesta origen destino y estudio de ascenso descenso.

## 4.3 Criterios de acciones a seguir para establecer rutas alimentadoras

El sistema de las rutas estudiadas tuvo en cuenta la implicación en cuanto a afectación de esta y la competencia que pueda generar al corredor de proyecto; por lo anterior es necesario definir los criterios de las acciones a seguir en cuanto al estado y operación de las rutas.

A continuación, se presentan los diferentes criterios de acciones a implementar en las distintas rutas de transporte público convencional en la zona de estudio:

**Mantener estado actual:** Esta acción se implementa en rutas de transporte que a pesar que se encuentran dentro de la zona de estudio o área de influencia, su operación no compete en cuanto a servicio ni demanda con el sistema propuesto.

**Reubicar:** Esta acción se aplica para aquellas rutas cuyos recorridos sobreponen o compiten en gran parte al corredor propuesto, esta acción es de vital importancia ya que de no implementarse habrá sobreoferta de la ruta.

**Reestructuración:** esta acción se implementa en aquellas rutas en donde algún tramo de su recorrido se sobrepone al proyecto, porque de igual manera pueden operar como rutas complementarias y de alimentación del sistema

Es posible que para estas rutas se puedan definir tarifas especiales, así como parámetros operacionales distintos, con el fin que se puedan integrar de forma coherente con el sistema de transporte propuesto.

## B4.4 Propuesta de alimentación del proyecto

Se propone un esquema de alimentación al sistema de proyecto en las estaciones las cuales se captaría el mayor número de usuario, estos puntos de integración, que son fundamentalmente para dinamizar el crecimiento ordenado e impulsar el uso de transporte público como una respuesta integral de movilidad y de calidad del servicio de cada componente del sistema, las estaciones de transferencia donde se tendría este servicio es en la estación puente de Vigas, Metro Rosario A, Metro Rosario B, Estación Mario Colín y la Quebrada.

Las rutas principales de alimentación se proponen en la tabla 4.2 y se muestra esquemáticamente en la figura 4.2.

**Tabla 4.2. Propuesta de alimentación**

CLAVE RUTA	OD ACTUAL	PROYECTO
R-089	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	ALIMENTADORA 1
R-005-01	METRO TOREO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 2
R-044-02	SAN BARTOLO - COACALCO	ALIMENTADORA 3
R-076	SAN BARTOLO - ARBOLEDA	ALIMENTADORA 4
R-099	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	ALIMENTADORA 5
R-0GM	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 6
R-025	ATIZAPÁN - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 7
R-AT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 8
R-SPT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 9
R-ACACYA	CIUDAD LABOR - ROSARIO	ALIMENTADORA 10
R-044-04	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 11
R-AMTP	MONTE MARIA - METRO ROSARIO	ALIMENTADORA 12

Fuente: Elaboración propia

## 4.5 Propuesta con 12 rutas alimentadoras

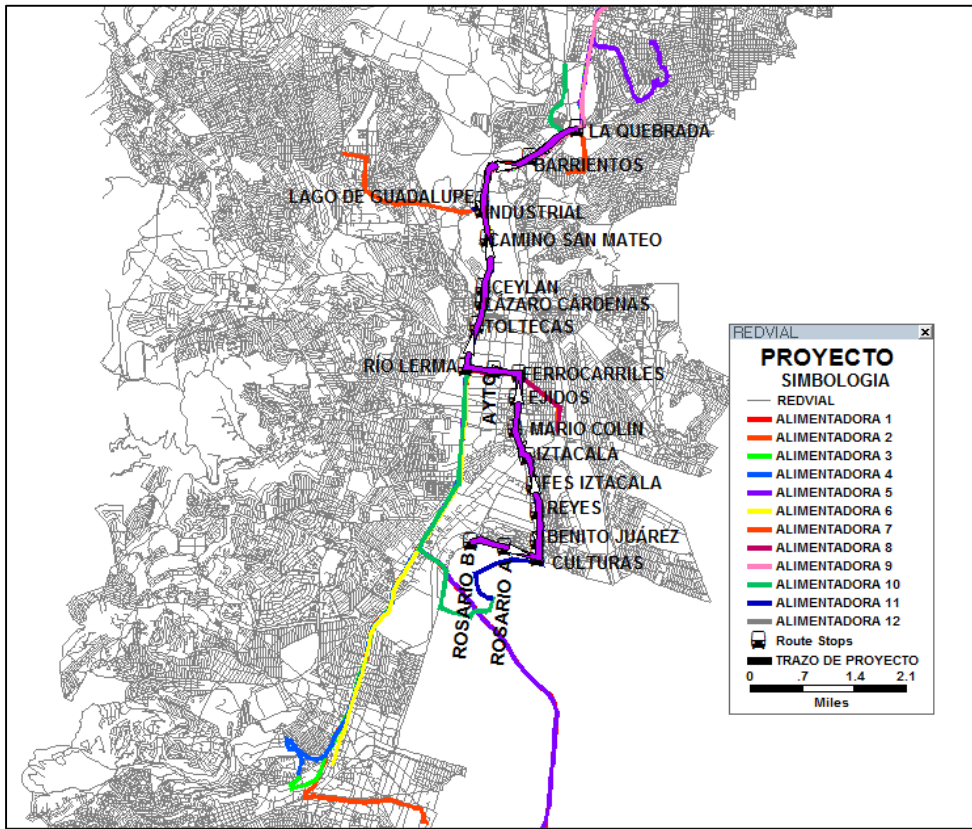
Si bien la combinación de las rutas alimentadoras pudiera tener muchas variantes, lo que se busca es privilegiar a la alimentación hacia el diseño troncal penalizando los recorridos que pudieran generar servicios que generen competencia al sistema troncal de proyecto, a continuación, se describen las siguientes particularidades:

La ruta 05 (autotransportes Gustavo Baz y Anexas SA de CV, autotransportes Gustavo Baz y ramales SA de CV) que fue clasificada como alimentadora 1 exclusivamente funcionara como alimentadora a la estación de transferencia de proyecto Rio Lerma, en su regreso pasara por el centro de Naucalpan y terminara en la estación del metro Toreo de cuatro caminos.

Las rutas 44-02 (Unión independiente de autotransportes del Estado de México SA de CV r-44-02 44-01) clasificada como alimentadora 3, la ruta, la ruta 44-04 (Unión independiente de autotransportes del Estado de México SA de CV r-44-02 44-01) clasificada como alimentadora 11 , la ruta GM (Unión independiente de transportistas de Ecatepec grupo Morelos SA de CV) clasificada como alimentadora 6 , y la ruta 76 (Enlaces interestatales del Estado de México SA de CV ruta 76) clasificada como alimentadora 4 tendrán la función de rutas exclusivamente de alimentadoras su función será alimentar la estación de transferencia Rio Lerma, de la misma manera para la estación de transferencia La Quebrada para la zona norte su función será exclusivamente de alimentadora, fuera de estos puntos de referencia sus recorridos se mantendrán sin modificaciones.

La ruta 99 (Ruta metropolitana de transporte de pasajeros 99) clasificada como alimentadora 5 exclusivamente tendrá la función de alimentadora en la estación de proyecto Rosario B, sin dejar de cubrir su derrotero desde este punto hacia el metro Tacuba así mismo en la parte norte su función será alimentar la estación de transferencia La Quebrada, la ruta 89 (Asociación de taxistas colectivos Adolfo López Mateos Asociación civil r-89) clasificada como alimentadora 1 tendrá la función exclusiva de alimentar la estación de proyecto Metro Rosario A y en la parte norte del corredor alimentará las estación de transferencia La Quebrada, así mismo la ruta AT (Autobuses Tultepec SA de CV) clasificada como alimentadora 8, la ruta Spt Transportes México San Pablo Tlalnepanitla y anexas SA de CV) clasificada como alimentadora 9, tendrán la función exclusiva de alimentadoras en la estación de proyecto Culturas y en la parte norte alimentarán la estación de transferencia La Quebrada, quitando estos puntos de referencia los derroteros de la rutas mencionadas no tendrán modificaciones en cuanto a la conectividad de sus colonias de origen, la propuesta de alimentación de estas rutas se muestra en la figura 4.2.

**Figura 4.2 Eje de Trazo de proyecto y rutas alimentadoras**

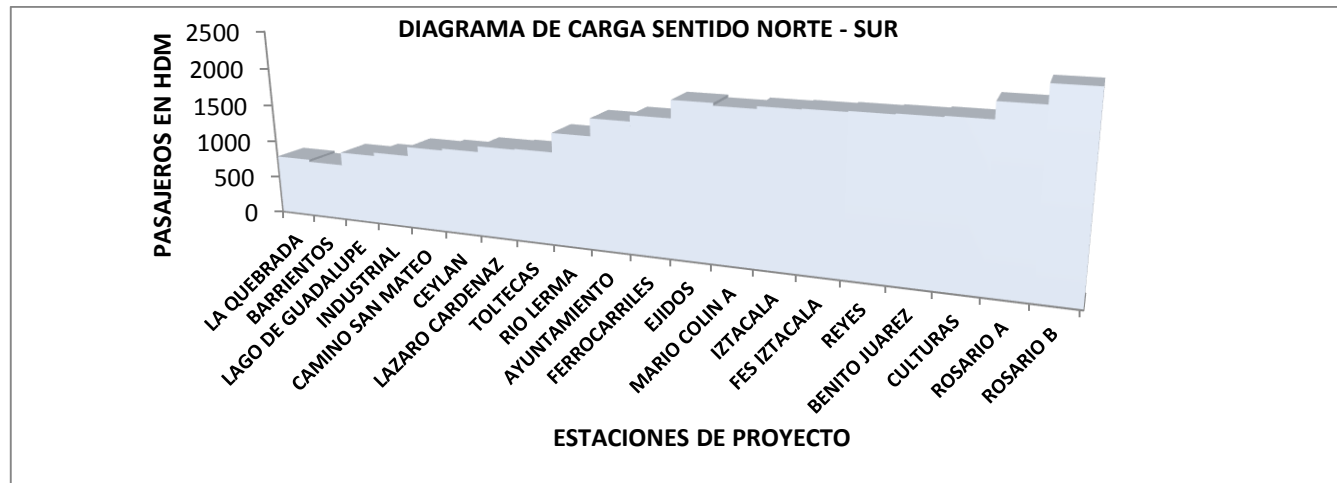


**Fuente:** Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

## 4.6 Diagrama de Carga Situación con Proyecto

En la figura 4.3 se muestra la variación que tiene el número de usuarios abordo durante la hora de máxima demanda, en donde se tiene que la demanda mayor para esta hora es en el sentido Norte-Sur La Quebrada – Etram Tlalnepantla y Metro Rosario. En la hora de máxima demanda del corredor es uniforme en donde se tienen un promedio de 1,578 pasajeros, la demanda crece conforme se avanza en el corredor, la demanda promedio que se tiene en las estaciones de proyecto la Quebrada, Barrientos, Lago de Guadalupe, Industrial , Camino San Mateo, Ceylan, Lázaro Cárdenas, Toltecas , Rio Lerma, Ayuntamiento y Ferrocarriles es de 1,180 pasajeros, al seguir avanzando en el corredor, en las estaciones Ejidos, Mario Colín, Iztacala, FES Iztacala, Reyes, Benito Juárez y Culturas se tiene un promedio de 1,988 pasajeros, para posteriormente tener el volumen más alto en la estaciones Rosario A y Rosario B con 2,220 y 2,445 pasajeros respectivamente.

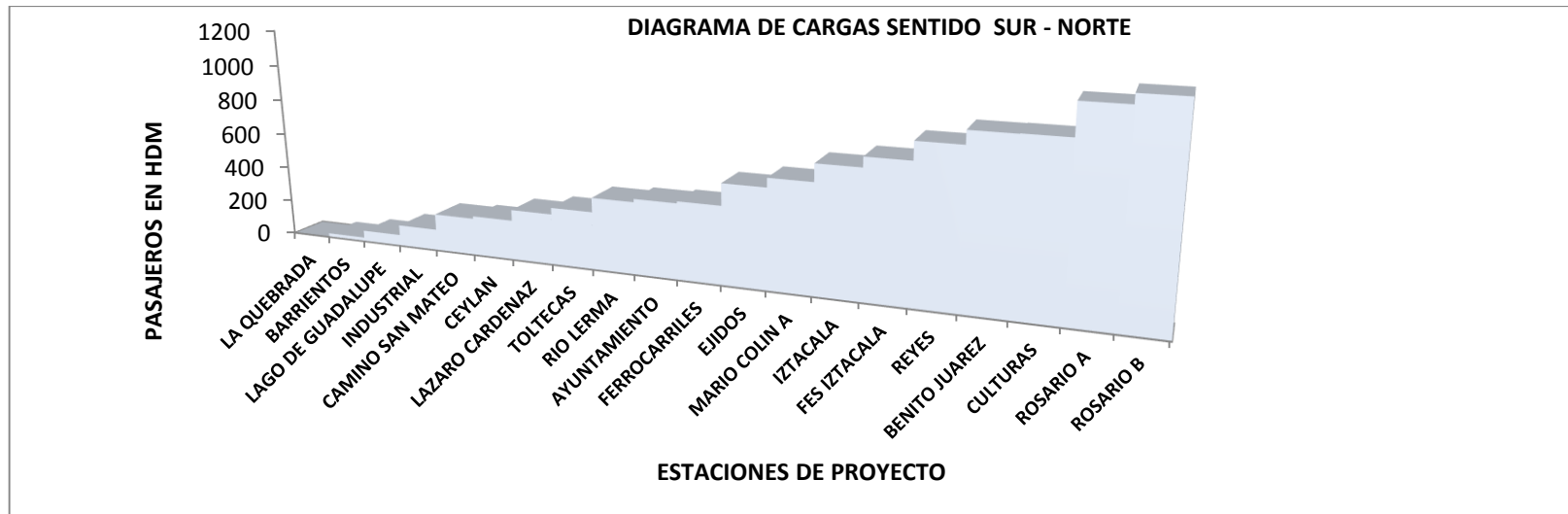
**Figura 4.3 Diagramas de carga sentido Norte -Sur**



Fuente: Elaboración propia

La demanda que se tiene para el sentido Sur- Norte en la situación con proyecto se muestra en la siguiente figura 4.4 , teniendo una demanda promedio de 505 pasajeros, la demanda promedio que se tiene en las estaciones, Rosario A, Rosario B, Culturas, Benito Juárez, Reyes, FES Iztacala, Iztacala, Mario Colín A, Ejidos, Ferrocarriles y Ayuntamiento es de 766 pasajeros, para posteriormente disminuir en las estaciones de Rio Lerma, Toltecas, Lázaro Cárdenas, Ceylan, Camino San Mateo, Industrial, Lago de Guadalupe, y Barrientos teniendo un promedio de 208 pasajeros posteriormente se tienen una disminución a 0 pasajeros al final del recorrido en la estación La Quebrada.

**Figura 4.4 Diagramas de carga sentido Sur - Norte**

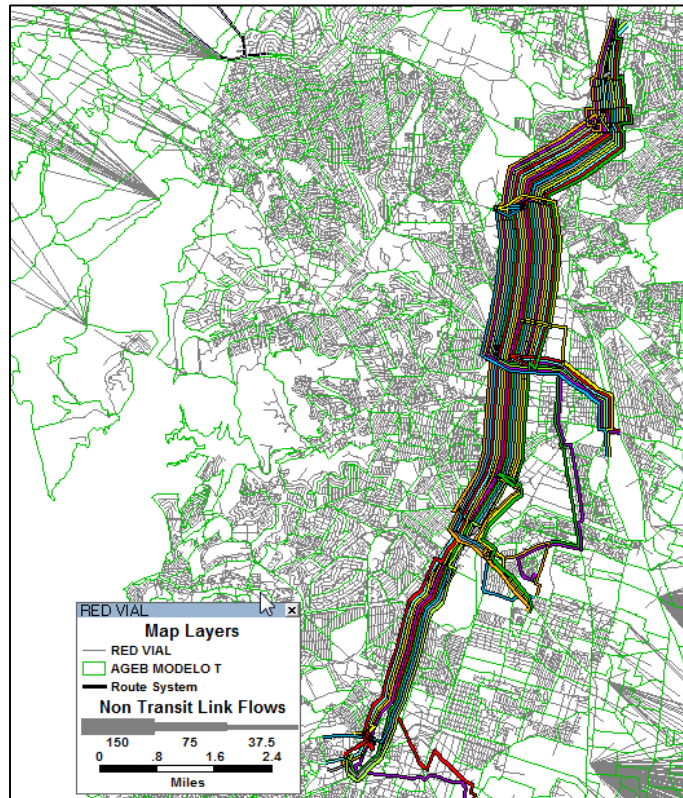


Fuente: Elaboración propia

## 4.7 Evaluación de la situación sin proyecto

Considerando los resultados obtenidos de la modelación para el dimensionamiento de tienen lo siguiente

**Figura 4.5 Red de transporte público (situación actual)**



Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

Para la situación sin proyecto se consideran tres parámetros principalmente:

- Operativos
- Dimensionamiento
- Indicadores de desempeño

### 4.7.1 Operativos

Para este parámetro se considerarán los parámetros de:

Tiempo de ciclo: se registró que el tiempo de ciclo promedio es de 120 minutos con un máximo de 138 minutos y un mínimo de 105 minutos (con base en tiempos de recorrido a bordo de las unidades de transporte público).

Velocidad comercial se obtuvo como promedio una velocidad de 16 km/h con un máximo de 25km/h y un mínimo de 12 lm/h.

Capacidad: La capacidad de las unidades al ser tipo vagonetas en su mayoría se estima de 17 pasajeros por unidad.

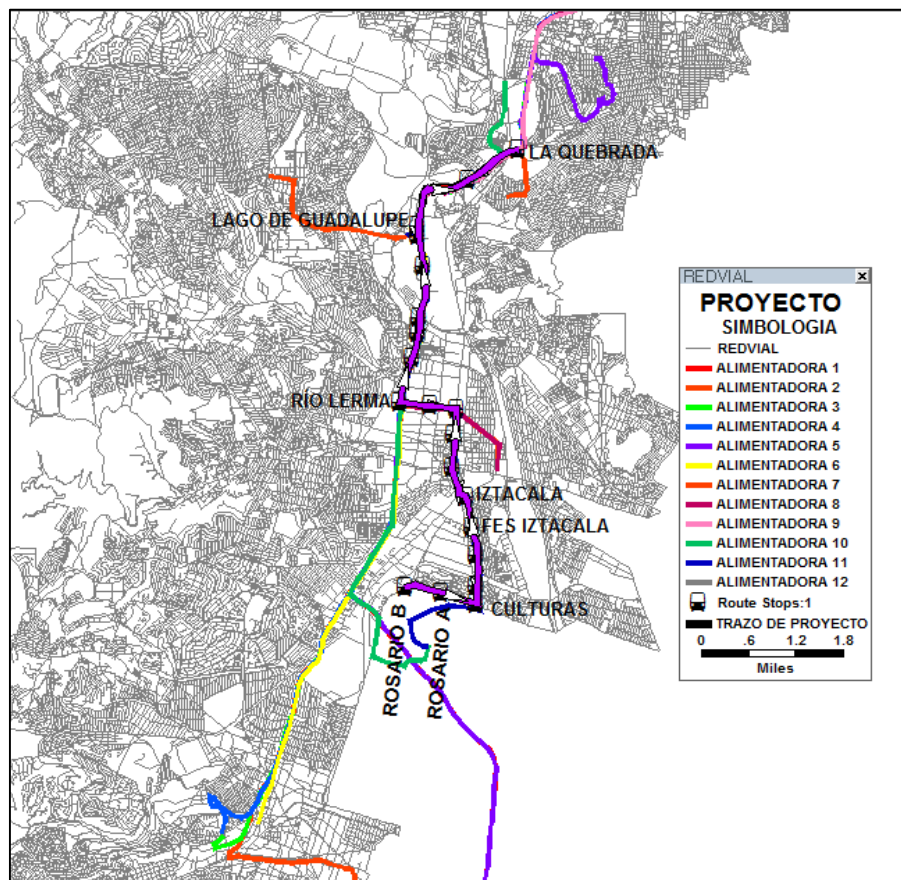
#### 4.7.2 Dimensionamiento

Volumen: El número promedio que se tiene por unidades es de 322 usuarios con un máximo de 1277 y un mínimo de 55 usuarios.

Sección de máxima demanda: la sección de máxima demanda tiene en promedio 226 pasajeros con un máximo de 656 de la ruta 25 en la parada Lago de Guadalupe.

### 4.8 Evaluación de la situación con proyecto

**Figura 4.6 Red de transporte público (situación con proyecto)**



Fuente: Esquema de Simulación TransCad. Elaboración propia

Para la situación con proyecto se consideran tres parámetros principalmente:

- Operativos
- Dimensionamiento
- Indicadores de desempeño

#### **4.8.1 Operativos**

Para este parámetro se considerarán los parámetros de:

Tiempo de ciclo: se registró que el tiempo de ciclo promedio es de 80 minutos con un máximo de 95 minutos y un mínimo de 75 minutos.

velocidad comercial se obtuvo como promedio una velocidad de 16 km/h con un máximo de 30 km/h y un mínimo de 15 km/h.

Capacidad: La capacidad de las unidades al ser tipo alta capacidad se tiene un total de 120 pasajeros.

#### **4.8.2 Dimensionamiento**

Volumen: El número promedio que se tiene por unidades es de 1,578 usuarios con un máximo de 2,445 y un mínimo de 300 usuarios.

Sección de máxima demanda: la sección de máxima demanda tiene en promedio de 2220 pasajeros con un máximo 2245 en la estación Metro Rosario A para el sentido Norte Sur.

## 4.9 Dimensionamiento de la Situación actual y con proyecto

**Tabla 4.3. Dimensionamiento de la situación con proyecto**

CLAVE RUTA	OD ACTUAL	PROYECTO	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO DE CICLO	NUMERO DE UNIDADES	SMD	FRECUENCIA	INTERVALO	PAX X KM
R-089	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	ALIMENTADORA 1	18.34	14	59	29	684	5	15	2.23
R-005-01	METRO TOREO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 2	21.2	17	84	43	660	5	10	1.81
R-044-02	SAN BARTOLO - COACALCO	ALIMENTADORA 3	18.4	15	71	22	136	5	15	1.77
R-076	SAN BARTOLO - ARBOLEDA	ALIMENTADORA 4	28.9	14	78	21	206	12	12	1.62
R-099	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	ALIMENTADORA 5	23.7	14	86	41	1207	8	15	2.21
R-0GM	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 6	15.2	15	81	18	31	8	15	1.86
R-025	ATIZAPÁN - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 7	10.3	16	45	49	562	6	12	1.88
R-AT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 8	14.8	16	45	18	94	8	10	2.35
R-SPT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	ALIMENTADORA 9	13.8	16	49	15	58	8	10	2.57
R-ACACYA	CIUDAD LABOR - ROSARIO	ALIMENTADORA 10	15.2	16	81	22	561	10	12	2.50
R-044-04	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	ALIMENTADORA 11	13.04	16	68	19	216	8	10	2.11
R-AMTP	MONTE MARIA - METRO ROSARIO	ALIMENTADORA 12	11.5	14	39	43	367	5	10	2.62

**Tabla 4.4. Dimensionamiento de la situación sin proyecto**

CLAVE RUTA	OD ACTUAL	LONGITUD	VELOCIDAD	TIEMPO DE CICLO	NUMERO DE UNIDADES	SMD	FRECUENCIA	INTERVALO	PAX X KM
R-089	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	18.34	14	78	35	754	8	15	1.49
R-005-01	METRO TOREO - SAN CRISTÓBAL	21.2	14	125	48	730	3	12	1.21
R-044-02	SAN BARTOLO - COACALCO	18.4	12	79	28	206	5	15	1.18
R-076	SAN BARTOLO - ARBOLEDA	28.9	11	94	24	276	10	15	1.08
R-099	CIUDAD LABOR - ROSARIO TACUBA	23.7	12	91	52	1277	5	12	1.47
R-0GM	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	15.2	14	94	22	101	12	20	1.24
R-025	ATIZAPÁN - TLALNEPANTLA	10.3	14	48	56	632	4	8	1.25
R-AT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	14.8	14	52	23	130	8	10	1.56
R-SPT	SAN PABLO - TLALNEPANTLA	13.8	14	56	22	128	10	15	1.71
R-ACACYA	CIUDAD LABOR - ROSARIO	15.2	14	87	29	631	12	10	1.67
R-044-04	SAN BARTOLO - SAN CRISTÓBAL	13.04	12	79	26	286	5	15	1.41
R-AMTP	MONTE MARIA - METRO ROSARIO	11.5	14	59	48	437	3	15	1.75

## Conclusiones

Mediante el desarrollo del trabajo de tesis su pudo cumplir con los objetivos propuestos de la siguiente manera:

Al investigar aspectos referentes al transporte público, sistemas integrados de transporte indicadores de desempeño y modelación del sistema de transporte público, se estableció el fundamento teórico para sustentar los contenidos presentados.

Se realizó una evaluación inicial de la situación actual mediante información obtenida en campo, con apoyo de esta información recolectada se calibro el modelo de la situación sin proyecto y se replicó esa información a un modelo de la situación con proyecto.

En relación a la hipótesis planteada: al analizar los resultados del modelo, sobre la elección del trazo su estableció que el trazo más adecuado de acuerdo a la demanda que se presenta en la zona de estudio es el que comprende una longitud de aproximadamente 13 km, comenzando en la Vía Doctor Gustavo Baz, en la estación la Quebrada, cual es configurada como estación de transferencia, el trazo continua por la Vía Doctor Gustavo Baz, pasando por las estaciones intermedias Barrientos, Lago de Guadalupe, Industrial, Camino San Mateo, Ceylán, Lázaro Cárdenas, Toltecas, hasta llegar a la estación Rio Lerma y continuando por la avenida Rio Lerma, teniendo sobre esta las estaciones intermedias de Ayuntamiento y Ferrocarriles, continuando por la Avenida Radial Toltecas, la cual sirve de comunicación hacia el Centro del Municipio de Tlalnepantla, teniendo las estaciones intermedias Ejidos, Mario Colina A, Iztacala, FES Iztacala, Reyes y Benito Juárez, continuando por la Avenida de las Culturas, teniendo sobre esta una estación intermedia la cual es Culturas para posteriormente llegar al metro Rosario

Finalmente es de resaltar el impacto de una decisión política sin una adecuada asesoría puede generar consecuencias negativas a la planeación de los sistemas de transporte, es por esta razón que se hizo el mayor esfuerzo para poder emitir una alternativa que impacte positivamente en la movilidad de los usuarios del corredor Troncal La Quebrada – Etram de 4 Caminos.

## **Bibliografía**

, agencia internacional de energía, 2005. sistema de autobuses para el futuro. primera ed. Paris: IEA publicacions.

Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J., 2010. Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones. octava ed. México: Alfaomega.

Ceder, A., 2007. Public Transit planing and operation, Theory, modelling and practice. primera ed. Jordan Hill: Elsevier Ltd..

ITDP, 2010. Guia de Planificación de Sistemas BRT, Autobuses de Tránsito Rápido. tercera ed. New York: itdp.

Molinero, A., 2005. Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración. segunda ed. Toluca: UAEM.

Ortúzar, J. d. D. & Sánchez, O., 2004. Métodos y modelos en la Planeación del Transporte. segunda ed. Toluca: UAEM.

Ortúzar, J. d. D. & Sánchez, O., 2004. Métodos y modelos en la Planeación del Transporte. segunda (revisada) ed. s.l.:UAEM.

Ortúzar, J. d. D. & Willumsen, L. G., 2011. Modelling Transport. cuarta ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Shiftan, Y., Button, K. & Nijkamp, P., 2007. Transportation Planning. primera ed. Massachusetts: edeard Elgar Publishing, Inc..

Vuchic, V. R., 2005. Urban Transit, Operations, planing and economics. primera ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Vuchic, V. R., 2007. Urban Transit, Systems and Technology. Primera ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..

# ANEXO 1

Base de datos utilizada para la alimentación del  
modelo de transporte

ID RUTA	Total de encuestas diarias (viajes/día) SN (1)	Total de encuestas diarias (viajes/día) NS (2)	Total de encuestas diarias (viajes/día)	DEMANDA DIARIA (TRAMOS-VIAJE/día) AD HORA	DEMANDA DIARIA (Tramos-viaje/día) AD SN	DEMANDA DIARIA (tramos-viaje/día) AD NS	Indice Trasbordos	DEMANDA DIARIA (VIAJE/día)	DEMANDA DIARIA (viaje/día) SN	DEMANDA DIARIA (viaje/día) NS	FE DIARIO	FE DIARIO SN	FE DIARIO NS
EM-R-005	574	534	1108	53,995	26,555	27,440	1.206451613	44,755	22,011	22,744	48.73	38.35	42.59
EM-R-025	7	13	20	37,520	17,360	20,160	1.25	30,016	13,888	16,128	1,876.00	1,984.00	1,240.62
EM-R-044	304	353	657	11,991	7,195	4,796	1.405737705	8,530	5,118	3,412	18.25	16.84	9.66
EM-R-076	49	76	125	10,184	5,896	4,288	1.746031746	5,833	3,377	2,456	81.47	68.91	32.31
EM-R-089	68	47	115	13,650	8,400	5,250	1.487179487	9,178	5,648	3,530	118.70	83.06	75.11
EM-R-099	110	72	182	30,020	5,240	24,780	1.081081081	27,769	4,847	22,922	164.95	44.06	318.35
EM-R-ACACYA	25	25	50	14,700	1,960	12,740	1.666666667	8,820	1,176	7,644	294.00	47.04	305.76
EM-R-AMTP	75	73	148	31,540	17,480	14,060	1.237113402	25,495	14,130	11,365	213.11	188.40	155.69
EM-R-AT	39	44	83	4,880	2,560	2,320	1.563636364	3,121	1,637	1,484	58.80	41.98	33.72
EM-R-GM	94	105	199	9,460	6,020	3,440	1.472222222	6,426	4,089	2,337	47.54	43.50	22.25
EM-R-SPT	13	12	25	2,720	1,520	1,200	1.714285714	1,587	887	700	108.80	68.21	58.33
Total general	1358	1354	2712					171,529					

CLAVE	DEMANDA DIARIA (TRAMOS-VIAJE/día) AD HORA	DEMANDA DIARIA (Tramos-viaje/día) AD SN	DEMANDA DIARIA (tramos-viaje/día) AD NS	Total de encuestas diarias (viajes/día) SN (1)	Total de encuestas diarias (viajes/día) NS (2)	Total de encuestas diarias (viajes/día)	factor de expansión diaria (viajes/día) sn	factor de expansión diaria ns	Indice de trasbordo	encuestas periodo pico (7:00-10:00) SN	encuestas periodo pico (7:00-10:00) NS	% de viajes en hora pico SN (si tiene el dato por ruta, sino el dato global del perfil de demanda)	% de viajes en hora pico NS (si tiene el dato por ruta, sino el dato global del perfil de demanda)	DEMANDA EN HORA PICO (6:00-7:00) SN	DEMANDA EN HORA PICO (6:00-7:00) NS	FACTOR NORTE S-N	FACTOR EXPANSION NS
EM-R-005	53,995	26,555	27,440	582	543	1,125	41.47922524	45.94006362	1.1	99	91	13.5%	9.0%	3,585	2,470	36.21	27.14
EM-R-044	6,426	2,890	3,536	178	176	354	14.75995914	18.26446281	1.1	51	42	13.5%	9.0%	390	318	7.65	7.58
EM-R-044	5,565	4,305	1,260	137	176	313	28.56668879	6.508264463	1.1	25	8	13.5%	9.0%	581	113	23.25	14.18
EM-R-GM	9,460	6,020	3,440	97	105	202	56.41986879	29.78354978	1.1	29	23	13.5%	9.0%	813	310	28.02	13.46
EM-R-076	10,184	5,896	4,288	49	76	125	109.3877551	51.29186603	1.1	22	23	13.5%	9.0%	796	386	36.18	16.78
EM-R-AMTP	21,540	17,480	14,060	77	73	150	206.3754427	175.0933998	1.1	16	8	13.5%	9.0%	2,360	1,265	147.49	158.18
EM-R-ACACYA	14,700	1,960	12,740	25	25	50	71.27272727	463.2727273	1.1	7	11	13.5%	9.0%	265	1,147	37.80	104.24
EM-R-099	30,020	5,240	24,780	107	72	179	44.51996602	312.8787879	1.1	32	8	13.5%	9.0%	707	2,230	22.11	278.78
EM-R-AT	4,880	2,560	2,320	39	41	80	59.67365967	51.44124169	1.1	17	14	13.5%	9.0%	346	209	20.33	14.91
EM-R-SPT	2,720	1,520	1,200	11	10	21	125.6198347	109.0909091	1.1	6	7	13.5%	9.0%	205	108	34.20	15.43
EM-R-089	13,650	8,400	5,250	68	47	115	112.2994652	101.5473888	1.1	10	10	13.5%	9.0%	1,134	473	113.40	47.25
EM-R-025	37,520	17,360	20,160	7	9	16	2254.545455	2036.363636	1.1	3	4	13.5%	9.0%	2,344	1,814	781.20	453.60
TOTAL	220,660	100,186	120,474	1,377	1,353	2,730	3,125	3,401	1.1	317	249	13.5%	9.0%	13,525	10,843	42.67	43.54