

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

### DIRECCIÓN DE POSTGRADO

#### MAESTRIA EN GESTIÓN DE OPERACIONES COHORTE 2014

**Tema:** ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA  
ÓPTIMO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD  
DE AMBATO.

**Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de  
Magister en Gestión de Operaciones Cohorte 2014**

**Autor:** Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida

**Director:** Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

**Ambato-Ecuador**

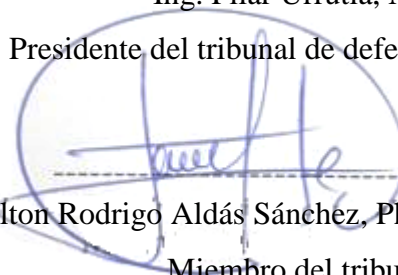
**2017**

## **A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por Ing. Pilar Urrutia, Mg e integrado por los señores Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez, PhD. Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg. Ing. Edisson Marcelo Coba Molina, PhD designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA ÓPTIMO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO.” elaborado y presentado por el señor Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida para optar por el Grado Académico de Magister en Magister en Gerencia de Operaciones; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



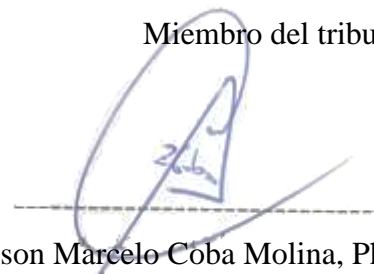
Ing. Pilar Urrutia, Mg.  
Presidente del tribunal de defensa



Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez, PhD.  
Miembro del tribunal



Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.  
Miembro del tribunal



Ing. Edisson Marcelo Coba Molina, PhD.  
Miembro del tribunal

## AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema. “ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA ÓPTIMO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO.”, le corresponde exclusivamente al: Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Ing. Darwin Santiago Aldás, Magíster, Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida

**Autor**



Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

**Director**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación. Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida

C.I 1803875770

## PÁGINAS PRELIMINARES

A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL.....	ii
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
AGRADECIMIENTOS .....	xiv
DEDICATORIA.....	xv
RESUMEN EJECTUTIVO.....	xvi
ABSTRACT .....	xviii

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	2
1.1 TEMA .....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. CONTEXTUAIZACIÓN .....	2
1.2.2 ARBOL DEL PROBLEMA .....	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4 PROGNOSIS .....	5
1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.6 PREGUNTAS DIRECTRICES O INTERROGANTES .....	5
1.7 DELIMITACIÓN .....	5
1.8 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.9 OBJETIVOS .....	7
1.9.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
1.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPÍTULO II .....	8

<b>2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 FUNDAMENTACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.1 GRÁFICAS DE INCLUSIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2 CONSTELACIÓN DE IDEAS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.3 DESARROLLO DE MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 HIPÓTESIS .....</b>	<b>34</b>
<b>2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES .....</b>	<b>42</b>
<b>3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS COOPERATIVAS .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS Y RUTAS DE CADA COOPERATIVA .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA ENCUESTA .....</b>	<b>68</b>
<b>4.1.4 TRAZADO DE RUTAS PARA LÍNEAS DE TRANSPORTE .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.5 CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO EN RUTAS DE TRANSPORTE.....</b>	<b>84</b>

4.1.6 RESTRICCIONES Y NOTACIÓN UTILIZADA PARA EL MODELO DE TRANSPORTE.....	86
4.1.7 CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE VINCULACIÓN PROYECTO DIDE.....	105
4.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	107
4.2.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS .....	107
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>111</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	111
5.2 RECOMENDACIONES .....	112
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>113</b>
6.1 TEMA .....	113
6.2 DATOS INFORMATIVOS .....	113
6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	114
6.4 JUSTIFICACIÓN .....	114
6.5 OBJETIVOS .....	114
6.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	114
6.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	114
6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	115
6.7 FUNDAMENTACIÓN.....	115
6.8 MÉTODOLOGIA .....	116
6.9 CONCLUSIONES .....	130
6.10 RECOMENDACIONES .....	131
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO 1 Formato de encuesta.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 2 Formato para toma de tiempo de ascenso de pasajeros a la unidad de transporte.....</b>	<b>136</b>

<b>ANEXO 3 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Tungurahua .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO 4 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Unión Ambateña.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO 5 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Libertadores.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO 6 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Jerpazsol.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO 7 Medidas de gerencia de tráfico según POT.....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 8 Calles de un sentido-ventajas y desventajas según POT.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO 9 Restricción de Tráfico- ventajas y desventajas según POT.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO 10 Propósito, ventajas, desventajas y operación: calles un sentido, contraflujo, restricción giro izquierdo, control de acceso y canalización según POT .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO 11 Resumen de actuaciones de Gestión de la infraestructura Según POT .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO 12 Posibles áreas para estacionamiento fuera de la vía según POT ..</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 13 Ingresos del plan maestro y de la competencia de transporte según POT .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO 14 Resumen de resultados operacionales según POT.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO 15 Visión sector transporte público de Ambato – esquema según POT .....</b>	<b>147</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b> Viajes-persona en zona urbana(consta además de viajes a zonas rurales)18	18
<b>Tabla 2. 2</b> Modelos de programación matemática .....	23
<b>Tabla 3. 1</b> Número total de unidades por cooperativas .....	37
<b>Tabla 3. 2</b> Identificación de zonas en la ciudad de Ambato.....	38
<b>Tabla 3. 3</b> Número diarios de pasajeros que toma el transporte publico .....	39
<b>Tabla 3. 4</b> Número de operadores y unidades de transporte .....	40
<b>Tabla 3. 5</b> Nivel de confianza vs factor Z .....	40
<b>Tabla 3. 6</b> Cálculo de la muestra de unidades de transporte .....	41
<b>Tabla 3. 7</b> Cálculo de la muestra de los usuarios del transporte público .....	41
<b>Tabla 3. 8</b> Operacionalización de la variable independiente.....	42
<b>Tabla 3. 9</b> Operacionalización de la variable dependiente.....	43
<b>Tabla 3. 10</b> Plan de recolección de información .....	44
<b>Tabla 4. 1</b> Número de cooperativa de buses urbanos en la ciudad de Ambato.....	45
<b>Tabla 4. 2</b> Información personal de la cooperativa de transportes Tungurahua .....	46
<b>Tabla 4. 3</b> Información personal de la cooperativa de transportes Unión Ambateña	46
<b>Tabla 4. 4</b> Información personal de la cooperativa de transportes Los Libertadores	47
<b>Tabla 4. 5</b> Información personal de la cooperativa de transportes JERPAZSOL.....	47
<b>Tabla 4. 6</b> Líneas de rutas y frecuencias autorizadas a cooperativa Tungurahua .....	48
<b>Tabla 4. 7</b> Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Unión Ambateña .	54
<b>Tabla 4. 8</b> Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Los Libertadores .	59
<b>Tabla 4. 9</b> Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Jerpazsol.....	65
<b>Tabla 4. 10</b> Frecuencias del nivel de satisfacción en respuesta a la pregunta.....	68
<b>Tabla 4. 11</b> Frecuencias del nivel de seguridad en respuesta a la pregunta 2 .....	69
<b>Tabla 4. 12</b> Frecuencias del nivel acústico como respuesta a la pregunta 3 .....	70
<b>Tabla 4. 13</b> Frecuencias del nivel de satisfacción de ruta que sigue una unidad de transporte como respuesta a la pregunta 4 .....	72
<b>Tabla 4. 14</b> Nivel de satisfacción de frecuencia de pasada de una unidad de transporte por parada establecida como respuesta a la pregunta 5.....	73
<b>Tabla 4. 15</b> Frecuencia del nivel de satisfacción con el que una unidad para frecuentemente como respuesta a la pregunta 6.....	75

<b>Tabla 4. 16</b> Frecuencia de necesidad de un carril exclusivo para buses como respuesta a la pregunta 7 .....	76
<b>Tabla 4. 17</b> Frecuencia de necesidad de mejorar las paradas de los buses en respuesta a la pregunta 8 .....	77
<b>Tabla 4. 18</b> Frecuencia para el nivel de calificación del transporte público como respuesta a la pregunta 9 .....	78
<b>Tabla 4. 19</b> Frecuencia en la que una persona usaría un medio de transporte electrificado en respuesta a la pregunta 10 .....	80
<b>Tabla 4. 20</b> Horarios normal y pico de movilización de buses urbanos.....	81
<b>Tabla 4. 21</b> Matriz de frecuencias, paradas, duración de paradas y número de pasajeros vs líneas.....	83
<b>Tabla 4. 22</b> Asignación de líneas origen – destino.....	85
<b>Tabla 4. 23</b> Restricciones para el modelo de transporte urbano en la ciudad de Ambato .....	87
<b>Tabla 4. 24</b> Criterios para la función modelo de optimización .....	88
<b>Tabla 4. 25</b> Funciones Objetivos del modelo de transporte .....	89
<b>Tabla 4. 26</b> Identificación de variables de del modelo de ruta.....	90
<b>Tabla 4. 27</b> Identificación de colores para rutas de transporte.....	104
<b>Tabla 4. 28</b> Matriz de rendimiento de consumo de combustible por cada línea de transporte.....	106
<b>Tabla 4. 29</b> Resumen de procesamiento de datos .....	108
<b>Tabla 4. 30</b> Frecuencias observadas para contraste de hipótesis.....	108
<b>Tabla 4. 31</b> Determinación de las frecuencias observadas y esperadas .....	109
<b>Tabla 4. 32</b> Distribución Chi cuadrado .....	110
<b>Tabla 6. 1</b> Matriz de frecuencias con líneas críticas .....	117
<b>Tabla 6. 2</b> Identificación de líneas y trayectorias por colores .....	117
<b>Tabla 6. 3</b> Identificación de las rutas de circulación TUEA .....	120
<b>Tabla 6. 4</b> Distancia de recorrido de las nuevas rutas trazadas .....	124
<b>Tabla 6. 5</b> Entornos de estudio para las diferentes rutas generadas .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. 1</b> Árbol del problema.....	4
<b>Figura 2. 1</b> Categorías fundamentales.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 2. 2</b> Constelación de Ideas Variable dependiente .....	14
<b>Figura 2. 3</b> Constelación de ideas Variable Dependiente .....	15
<b>Figura 2. 4</b> composición del ordenamiento jurídico orgánico. ....	21
<b>Figura 2. 5</b> Estructura del sistema de gestión.....	22
<b>Figura 2. 6</b> Grafo de trayectoria origen A - destino B .....	31
<b>Figura 2. 7</b> Interfaz de usuario de Lingo .....	32
<b>Figura 2. 8</b> Interfaz de entrada para usuario de TransCAD .....	33
<b>Figura 3. 1</b> Ubicación geográfica de Ambato .....	37
<b>Figura 3. 2</b> Viajes diarios de vehículos por día.....	38
<b>Figura 3. 3</b> Número diario de pasajeros en promedio que toma el transporte público .....	39
<b>Figura 4. 1</b> Línea 1 Libertad - Ingahurco .....	49
<b>Figura 4. 2</b> Línea 5 Huachi el progreso – Izamba.....	50
<b>Figura 4. 3</b> Montalvo - el recreo .....	51
<b>Figura 4. 4</b> Cunchibamba - Pucarumi -Tiugua (sector Techo propio).....	52
<b>Figura 4. 5</b> Redondel de Huachi Chico – Mercado Mayorista – Atahualpa .....	53
<b>Figura 4. 6</b> Ruta Línea 3 Pinllo - Nueva Ambato “Unión Ambateña” .....	55
<b>Figura 4. 7</b> La joya - Parque Industrial - El Pisque.....	56
<b>Figura 4. 8</b> Ficoa- El empalme.....	57
<b>Figura 4. 9</b> Ruta Línea 1 seminario mayor – Ingahurco bajo y viceversa “Los Libertadores”.....	60
<b>Figura 4. 10</b> Ruta línea 3 Tangaiche-centro de Ambato .....	61
<b>Figura 4. 11</b> Ruta Línea 4 La península – orquídeas y viceversa “Los Libertadores” .....	62
<b>Figura 4. 12</b> Ruta Línea 5 Techo Propio – Mercado América – Andiglata “Los Libertadores” .....	63
<b>Figura 4. 13</b> Ruta línea 5 Techo propio - Andinglata .....	64
<b>Figura 4. 14</b> Línea 1 Los ángeles- La magdalena - san Isidro -Izamba .....	66

<b>Figura 4. 15</b> Línea 2 Jerpazsol Puerto Arturo - Huachi chico.....	67
<b>Figura 4. 16</b> Diagrama de Pastel como resultado a la pregunta 1 .....	69
<b>Figura 4. 17</b> Diagrama de pastel para el nivel de seguridad como respuesta a la pregunta 2.....	70
<b>Figura 4. 18</b> Diagrama de pastel como resultado del nivel de confort acústico como respuesta a la pregunta 3 .....	71
<b>Figura 4. 19</b> Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción de ruta como respuesta a la pregunta 4 .....	72
<b>Figura 4. 20</b> Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción de frecuencia de pasada por parada establecida como respuesta a la pregunta 5.....	74
<b>Figura 4. 21</b> Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción con el que una unidad realiza una parada frecuentemente como respuesta a la pregunta 6.....	75
<b>Figura 4. 22</b> Diagrama de pastel para la necesidad de un carril exclusivo para buses como respuesta a la pregunta 7 .....	76
<b>Figura 4. 23</b> Diagrama de pastel como necesidad de mejorar las paradas de los buses en respuesta a la pregunta 8 .....	78
<b>Figura 4. 24</b> Diagrama de pastel como calificación al medio de transporte .....	79
<b>Figura 4. 25</b> Diagrama de pastel en respuesta a la pregunta 10.....	80
<b>Figura 4. 26</b> Diagrama de programación .....	92
<b>Figura 4. 27</b> Programación de las funciones objetivo parte 1 .....	95
<b>Figura 4. 28</b> Programación de las funciones objetivo parte 2.....	95
<b>Figura 4. 29</b> Valores obtenidos de frecuencia para cada línea parte 1 .....	96
<b>Figura 4. 30</b> Valores obtenidos de capacidad para cada línea parte 2 .....	97
<b>Figura 4. 31</b> Asignación de líneas al mapa de Ambato en TransCAD .....	98
<b>Figura 4. 32</b> Frecuencia de buses por hora Pico .....	99
<b>Figura 4. 33</b> Matriz de frecuencia de buses .....	100
<b>Figura 4. 34</b> Matriz de capacidad en pasajeros durante horas pico.....	101
<b>Figura 4. 35</b> Número de pasajeros en hora pico.....	102
<b>Figura 4. 36</b> Trazado de rutas.....	103
<b>Figura 4. 37</b> Frecuencia de buses en hora normal.....	105
<b>Figura 4. 38</b> Distancia total recorrida por línea .....	110
<b>Figura 6. 1</b> Secuencia de elección para modelo de programación .....	116

<b>Figura 6. 2</b>	Rutas de trayectoria para transporte público-urbano .....	119
<b>Figura 6. 3</b>	Trayectoria del recorrido totoras Ficoa .....	121
<b>Figura 6. 4</b>	Trayectoria del recorrido Huachi grande – Izamba .....	122
<b>Figura 6. 5</b>	Trayectoria del recorrido la joya – Parque Industrial .....	123
<b>Figura 6. 6</b>	Trayectoria del recorrido Seminario Mayor - Ingahurco.....	124
<b>Figura 6. 7</b>	Entorno de estudio para L2.....	126
<b>Figura 6. 8</b>	Entorno de estudio para L6.....	127
<b>Figura 6. 9</b>	Entorno de estudio para L10.....	128
<b>Figura 6. 10</b>	Entorno de estudio para L13.....	129

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero al Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, por haberme apoyado de manera constante en el desarrollo del proyecto de tesis, al área de investigación DIDE y a los docentes revisores, ya que sin ellos no sería posible realizar un buen trabajo de investigación.

Y finalmente Agradezco a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato por abrirme las puertas y por permitirme crecer profesionalmente.

## **DEDICATORIA**

**RESUMEN EJECTUTIVO**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRIA EN GERENCIA DE OPERACIONES**

ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA ÓPTIMO DE  
TRASPORTE PÚBLICO-URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO

**Autor:** Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida

**Director:** Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

El estudio de rutas y frecuencias en la ciudad de Ambato, se obtiene a partir de la información de vialidad para la ciudad de Ambato que provee el Plan de Ordenamiento Territorial POT 2020.

El proyecto de investigación utiliza métodos cuantitativos y cualitativos con el fin de estudiar las rutas y frecuencias de transporte urbano más adecuadas que garanticen una correcta movilidad para los buses urbanos y un buen servicio a los usuarios, se toma como población a todas las líneas que cubre cada cooperativa de transporte teniendo un total de 385 unidades con una muestra igual a 192 unidades dentro del recinto urbano de la ciudad de Ambato y una población de 33000 pasajeros, con una muestra de 380 pasajeros, este último con el objetivo de medir el grado de satisfacción que perciben los usuarios en el nivel de cobertura y cumplimiento de las rutas y frecuencias que cubren las distintas unidades. Con la información obtenida se desarrolla la función objetivo adecuada con base en el modelo de Baaj Mahamassani con el fin de minimizar los tiempos de movilización origen-destino, la capacidad de pasajeros y las frecuencias normal y pico de las unidades de transporte. La función objetivo obtenida será llevada mediante algoritmos de programación y mediante el uso del software Lingo realizar las iteraciones necesarias y obtener los valores adecuados de frecuencias y capacidad de pasajeros. Las rutas que se obtuvieron mediante la aplicación Geotraker son llevadas luego al software TransCAD que junto con la información de frecuencias y capacidad de pasajeros da como resultado las líneas 2, 6, 10 y 13 como las más adecuadas.



La solución obtenida mediante el Software Lingo indica que la ruta con mayor capacidad de pasajeros es la línea 10 de la cooperativa UNION Ambateña que cubre la ruta La joya - parque Industrial, mientras que TransCAD traza la ruta con mayor distancia siendo esta la línea 12 con una duración de recorrido de 2 horas y un minuto con una velocidad promedio de 47m/h realizando 40 paradas en total durante su viaje. El estudio direcciona hacia un nuevo diseño de rutas y frecuencias que mejore la vialidad y el servicio de los usuarios de este medio de transporte.

**Descriptor:** Estudio, Rutas y frecuencias, buen servicio, transporte público-urbano, eficiencia, combustible, líneas de transporte

**ABSTRACT**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**MAESTRIA EN GERENCIA DE OPERACIONES**

ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA ÓPTIMO DE  
TRASPORTE PÚBLICO-URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO

**Autor:** Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida

**Director:** Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

The study of routes and frequencies in the city of Ambato, is obtained from the road information for the city of Ambato that provides the Plan of Territorial Planning POT.

The research project uses quantitative and qualitative methods in order to study the most appropriate urban transport routes and frequencies that guarantee a correct mobility for urban buses and a good service to the users, it is taken as population to all the lines that covers Each transport cooperative having a total of 385 units with a sample equal to 192 units within the urban area of the city of Ambato and a population of 33000 passengers, with a sample of 380 passengers, the latter with the objective of measuring the degree of Satisfaction that users perceive in the level of coverage and compliance of the routes and frequencies that cover the different units. With the information obtained, the objective objective function is developed based on the Baaj Mahamassani model in order to minimize the origination-destination mobilization times, the passenger capacity and the normal and peak frequencies of the transport units. The objective function obtained will be carried out using programming algorithms and using the Lingo software to perform the necessary iterations and obtain the appropriate values of frequencies and capacity of passengers. The routes that were obtained by the Geotraker application are then taken to the TransCAD software, which together with the frequency and passenger information results in lines 2, 6, 10 and 13 as the most suitable.

The solution obtained through the Lingo Software indicates that the route with the greatest passenger capacity is line 10 of the UNION Ambateña cooperative that covers the route La joya - Parque Industrial, while TransCAD traces the route with the longest distance being this line 12 With a journey time of 2 hours and one minute with an average speed of 47m / h making 40 stops in total during your trip. The study directs towards a new design of routes and frequencies that improves the road and the service of the users of this means of transport.

**Keywords:** Study, Routes and frequencies, good service, public-urban transport, efficiency, fuel, transport lines

## INTRODUCCIÓN

La investigación que se desarrolla en el presente documento tiene como tema: “Estudio de rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte urbano en la ciudad de Ambato”. la importancia del presente estudio radica en mejorar la viabilidad del transporte urbano en la ciudad de Ambato.

El documento está compuesto de una estructura que se ordena de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene la información de partida del Estudio, entre ellas se destaca el problema como base para generar el tema de investigación, en complemento con las interrogantes que se formulan y que a través de una justificación se plantean los objetivos de estudio.

El Capítulo II Desarrolla el marco teórico a través de sus categorías fundamentales que son pieza clave de la fundamentación filosófica y legal proveniente de una lluvia de ideas permitiendo generar una hipótesis que se contraste más adelante.

El Capítulo III Plantea la metodología del estudio que se concentra en su modalidad básica de investigación, y que a través de su población de estudio llega a obtener una muestra para luego será analizada con los instrumentos necesarios que permite identificar las variables de investigación.

El capítulo IV Desarrolla el análisis e interpretación de los resultados, es aquí donde se utilizan las técnicas necesarias para el levantamiento de la información ya sean estas encuestas o fichas de observación.

El Capítulo V Genera las conclusiones y recomendaciones respecto a los resultados obtenidos y de la contrastación de la hipótesis generada.

El Capítulo VI Desarrolla la propuesta de estudio y que en su efecto constituye el diseño de rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte público-urbano esto como solución a la mejora de la viabilidad en la ciudad de Ambato.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA UN SISTEMA ÓPTIMO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1. CONTEXTUAIZACIÓN**

###### **Macro**

En el mundo la necesidad de mejorar el tiempo de movilización del transporte público se ha vuelto una tarea inmensurable y más aún que ayude a disminuir la contaminación a través de la energía eléctrica y con nuevos modelos de transporte de rutas que permita viajar cómodo y tranquilo permitiendo llegar así a su destino en el menor tiempo posible (Bobi, Marcos, Ruiz, & García, 2010).

En España el transporte electrificado en tranvías produjo cambios significativos, este medio de transporte permite la reducción de costos en sus pasajes, aumentó la regularidad de las unidades, produjo el aumento en la velocidad de movilización, con una mayor comodidad brindada a los usuarios, añadiendo a esta la atracción e inversión de grupos extranjeros en esta ciudad, produciendo así el desarrollo económico del sector (Reyes Vasquez & Velis, 2014)

## **Meso**

En el Ecuador recién se han emprendido estudios de pre factibilidad para un tren eléctrico de carga y de pasajeros entre las ciudades donde exista mayor demanda de viajes (Agencia de Noticias los ANDES 2013). En la conferencia mundial sobre vivienda y desarrollo urbano Hábitat III que se llevó a cabo en Quito en octubre de 2016, dejó sentada las bases para el desarrollo de medios de movilización electrificados, esto debido a que el 84% de consumo de energía se ve reflejada por el transporte terrestre (Vive HABITAT III 2016; Agencia de Noticias ANDES 2016). Pero aún no se han emprendido estudios sobre modelos de Optimización para transporte electrificado urbano al interior de las provincias.

## **Micro**

En Ambato durante el año 2013 se matricularon 86.395 vehículos, (El Heraldo enero 2014). esto ha ocasionado el incremento del tráfico vehicular en los últimos tres años, un vehículo mal estacionado puede causar graves embotellamientos al parquearse de manera inadecuada en una calle que tiene como trayecto una línea de bus urbano (Diario La hora 2002). En la ciudad de Ambato funcionan 150 semáforos con el objetivo de mejorar el tráfico vehicular, los cuales demoran el tiempo de movilización de los buses urbanos y generan molestias en los usuarios Las políticas generales del. El objetivo de Ambato para el sector de vías y transporte, propuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020 es “lograr una ciudad descongestionada con una buena conectividad entre plataformas, optimizando la movilidad y calidad de servicios” y así convertirse en la cuarta ciudad en América Latina con este tipo de movilización.

## 1.2.2 ARBOL DEL PROBLEMA

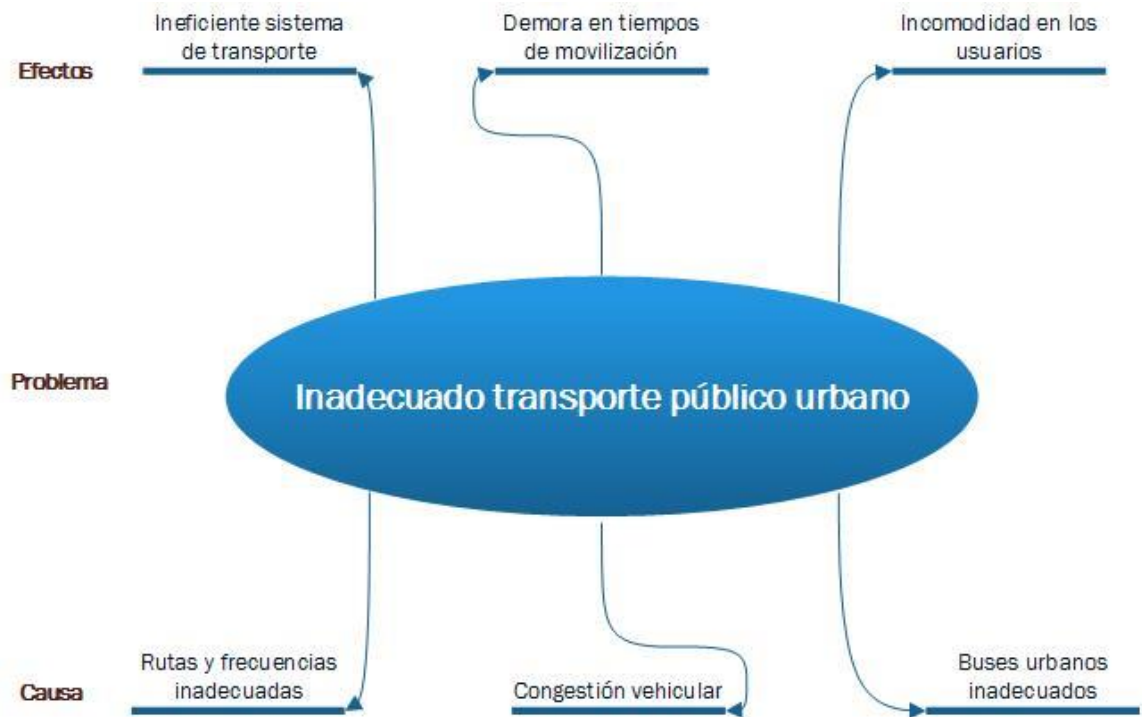


Figura 1. 1 Árbol del problema

Elaborado por: Leonardo Sánchez

## 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según el POT 2016 del cantón Ambato cuenta con cinco Cooperativas de Transporte con un total de 436 unidades, cubriendo las diferentes rutas y frecuencias en el recinto urbano.

Es así que el aumento en la mejora del servicio de transporte público urbano en el cantón va creciendo, por ende, las necesidades de los usuarios se vuelven más exigentes, es por lo que existe el compromiso de brindar un mejor servicio de transporte público por parte del POT, y al no existir un medio de transporte adecuado para los usuarios estos se ven en la necesidad de adquirir un vehículo personal lo que ocasiona un mayor tráfico vehicular en la ciudad de Ambato.

La inexistencia del presente estudio de rutas y frecuencias afecta a los usuarios de este medio de transporte ya que la demanda de pasajeros crece cada año junto con el parque automotor, esto repercute en demoras en el traslado de un sitio a otro debido al discontinuo abastecimiento de buses y al irrespeto de las paradas.

#### **1.4 PROGNOSIS**

En caso de no realizarse el estudio de rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte público-urbano en la ciudad de Ambato, la movilidad dentro de la ciudad se verá afectada y los usuarios de las cooperativas se sentirán incómodos y generará molestias en los mismos.

#### **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera un estudio de rutas y frecuencias permitirá un sistema óptimo de transporte público-urbano en la ciudad de Ambato?

#### **1.6 PREGUNTAS DIRECTRICES O INTERROGANTES**

- 1.-De las diferentes rutas y frecuencias existentes ¿Se podrá identificar la ruta con mayor número de pasajeros por hora?
- 2.- De los diferentes modelos de transporte existentes para rutas y frecuencias ¿Se podrá tomar un modelo adecuado para rutas y frecuencias basado en problema de Rutificación de Vehículos (VRP)?
- 3.-Del modelo adecuado de rutas y frecuencias ¿Se podrá definir la función objetivo adecuada para el modelo de estudio?
- 4.-De la función objetivo hallada para redistribución de rutas ¿Se podrá desarrollar una programación lineal adecuada?
- 5.- ¿Se podrá vincular los resultados obtenidos al proyecto DIDE?

#### **1.7 DELIMITACIÓN**

**Línea de Investigación:** Gestión del Desarrollo Organizacional Operacional



**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Gestión de operaciones

**Aspecto:** Estudio de rutas, frecuencias

**Espacial:** Cantón Ambato Zona Urbana

**Temporal:** enero 2017-mayo 2017

## 1.8 JUSTIFICACIÓN

La *importancia* del presente estudio se basa en el plan de ordenamiento territorial POT a través del plan maestro de transporte y movilidad del cantón Ambato.

El estudio de rutas y frecuencias permitirá al transporte público mejorar el tiempo de origen – destino, se podrá conocer además las distancias que recorre un bus tradicional en las diferentes rutas establecidas por líneas en la geografía variada del cantón.

Con la información del estudio se puede analizar asimismo la posibilidad de desarrollar una nueva red de rutas y frecuencias para mejorar el sistema de transporte público-urbano en la ciudad que ayude a disminuir los tiempos de desplazamiento, mejorando la movilidad en la zona céntrica, reduciendo la contaminación y el uso de vehículos personales.

Los *beneficiarios* directos del presente estudio de rutas y frecuencias serán los ciudadanos del cantón Ambato ya que mejorara los tiempos de movilización y además les brindara un mejor servicio.

Este proyecto es *factible* debido a que se cuenta con la información bibliográfica necesaria, así como también los documentos del Programa de ordenamiento territorial de la ciudad de Ambato, los contratos con el GAD Municipal de Ambato y los softwares necesarios para programar la optimización.

## **1.9 OBJETIVOS**

### **1.9.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio de rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte público-urbano en la ciudad de Ambato.

### **1.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.-Levantar información sobre rutas y frecuencias del sistema de transporte urbano en la ciudad de Ambato.
- 2.- Definir variables que intervienen en el estudio de rutas y frecuencias para un sistema de transporte público urbano
- 3.- Plantear una función objetivo adecuada que permita minimizar la duración total del viaje y los periodos de espera basado en programación lineal entera.
- 4.-Programar los algoritmos planteados para el sistema óptimo de transporte mediante software.
- 5.-Vincular los resultados obtenido al proyecto de investigación DIDE “Planificación y optimización de un sistema integral de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en la ciudad de Ambato”.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Como precedente de la investigación se toma el plan maestro de movilidad generada por el municipio de Ambato en el cual constan de los contratos de operación TP 2015, el mapeo georreferenciado de transporte público de la ciudad de Ambato.

Como complemento y antecedente a la investigación se tomará, además lo siguiente:

En la Universidad de la República Facultad de Ingeniería, Uruguay, se halla el estudio realizado por (Mauttone, Cancela, & Urquhart, 2010). Este estudio es una puesta al día en cuanto a modelos y algoritmos para la optimización de rutas y frecuencias de buses, necesario en el marco del desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones para el diseño de sistemas de transporte público urbano colectivo. El problema es NP-difícil, por lo que diversos procedimientos heurísticos para resolverlo han sido propuestos en la literatura. Se percibe una evolución hacia la utilización de algoritmos genéticos, similar a la ocurrida en otras áreas de la optimización combinatoria. Los métodos que aparentan ser más aplicables son aquellos que permiten interactividad. Las calidades de las soluciones solo pueden probarse luego de su implantación.

Dele estudio realizado por (Jaramillo & Lotero, 2009). Se obtiene un modelo novedoso que permite integrar el modelo clásico de diseño de frecuencias al modelo de asignación de la demanda a las diferentes rutas de buses o metro (ya establecidas). Este modelo considera que los usuarios pueden tomar decisiones de sus recorridos dependiendo de las frecuencias que se les ofrezca en todos los buses que deben usar para alcanzar su destino (mediante trasbordos) por lo que el estimativo hecho en la

etapa de asignación de demanda puede ser redefinido. Constituye entonces un aporte a la planificación integrada del servicio urbano público colectivo. Futuros desarrollos incluyen el diseño de las rutas de buses incluido de forma implícita al de frecuencias y recorridos, así como mejoras en los supuestos del comportamiento del usuario a la hora de la asignación de recorridos.

Del estudio realizado por (dell'Olio & Mourab, 2005), se puede apreciar que el modelo de localización de paradas y optimización de frecuencias en redes congestionadas de transporte público de superficie resuelve un problema de minimización del costo social total involucrado en la operación del sistema de transporte, que incluirá los costos de producir los servicios, los costos de viaje (percibidos por los usuarios del sistema), y el coste de construcción de las paradas. Este problema de optimización se plantea como un problema de programación matemática de tipo bi-nivel. En el nivel superior, se define una función de costo social total del sistema que debe ser minimizado sujeto a restricciones tecnológicas; en el nivel inferior se define un modelo de comportamiento para los usuarios del sistema de transporte.

Del estudio realizado por (Mauttone et al., 2010). Se identifica que los operadores logísticos toman una actitud agresiva frente a las nuevas exigencias del diseño de rutas. El VRP o problema de ruta de transporte permite determinar un conjunto de rutas para una flota de vehículos, reemplaza las técnicas actuales que se rigen por la experiencia y que están siendo utilizadas por las organizaciones colombianas. Con la implementación de esta técnica podrían optimizar la planeación de la estrategia competitiva y a su vez analizar y dar soluciones a los requerimientos de los clientes con un mínimo costo. La característica más importante de utilizar simulación es la evaluación de alternativas operativas (escenarios) mediante las técnicas de simulación que permiten recrear la actividad actual de cualquier organización y tomar decisiones no tan apresuradamente, como suele hacerse. Los ahorros de la simulación se comprueban al identificar y eliminar problemas e ineficiencias que no podrían ser detectadas antes de la implementación, reduce costos al eliminar sobre diseños y factores excesivos de seguridad que son añadidos cuando algunos proyectos son inciertos.

Del artículo realizado por (Sánchez-Flores & Romero-Torres, 2010). Se identifica que los valores ponderados para diferentes factores influyen en el medio de transporte urbano como la calidad, además se estiman los valores de cada factor de servicio. Los resultados que se obtienen permiten visualizar de manera económica la rentabilidad, el tiempo de los usuarios al interior del autobús; también permite evaluar las condiciones físicas de las unidades de transporte

Del artículo realizado por (Daza, Montoya, & Narducci, 2013). Se identifica que los problemas de rutas de transporte con limitaciones tales como la carga y flota homogénea (CVRP) propone una combinación de algoritmos en dos fases establecidas; la fase de diseño de rutas y está compuesta por metodología heurística y meta heurística. La segunda fase compuesta por una planificación de la flota (Scheduling). Resuelve las funciones objetivo mediante un tiempo de cálculo polinomial

Del artículo realizado por (Sarmiento Lapesqueur & Quintero Araujo, 2014). Se determina que el problema de Ruteo de Vehículos VRP, el cual optimiza las funciones objetivo convirtiéndola en multi-objetivo, introduce en su ecuación la minimización de distancia y la optimización del balance de carga. La investigación define además que la carga es la diferencia entre los vehículos con mayor y menor capacidad de carga.

Del artículo elaborado por (Aldás & Flores, 2016). Se puede observar que el problema de la matriz O-D mediante el uso de algoritmos genéticos, para la optimización del problema matemático es subyacente. El método ha sido probado sobre la red de tráfico del mercado modelo de la ciudad de Ambato; los resultados permiten visualizar el flujo de tráfico en las rutas, en donde se produce la congestión de vehículos de transporte público.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN**

El presente estudio adopta el paradigma de investigación crítico propositivo a fin de utilizar los siguientes aspectos.

El objetivo del presente trabajo de investigación es desarrollar el estudio de rutas y frecuencias que permita mejorar el tiempo de desplazamiento origen-destino y la reducción del tiempo de espera en las paradas.

El caos vehicular permite evidenciar las dificultades en el transporte urbano, por lo que se requiere realizar un estudio a fondo con los diferentes aspectos geográficos, físicos y que influyen en el buen desempeño de la movilidad urbana.

Esta metodología permite desarrollar el estudio de rutas y frecuencias para un sistema óptimo del transporte público que permita establecer, rutas apropiadas, frecuencias óptimas y paradas adecuadas.

Del artículo elaborado por (Aldás & Flores, 2016; Tebaldi & West, 1998). Se pudo deducir que el trabajo se ha desarrollado un nuevo método basado en Inteligencia Artificial para resolver la matriz origen-destino (O-D) aplicado al caso de una red de tráfico vehicular en la ciudad de Ambato. El método implementado, basado en algoritmos genéticos (AG), resuelve el problema de minimización asociado al problema de matriz O-D. Para validar la técnica, se ha utilizado una red vial correspondiente a la zona del Mercado Modelo en la ciudad de Ambato, que es una zona de alta congestión vehicular.

### **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

Los requisitos mínimos para el presente estudio son:

1. Real decreto 1317/91.-Normativa actual sobre pesos y dimensiones en España
2. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000. Emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diésel mediante el método de aceleración libre.
3. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 038 (2R):2011. Requisitos para la operación de bus y minibús urbano.
4. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 205:2010. Requisitos que deben cumplir los buses y minibuses diseñados para transporte urbano.

5. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3779:2000. Especifica el contenido y estructura del número de identificación de un vehículo (VIN) con el fin de establecer, sobre una base mundial, un sistema de numeración alfanumérica para vehículos automotores.
6. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 042:2009. Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir los espacios de uso público y privado, para definir las condiciones de accesibilidad de todas las personas.
7. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 243:2010. Establece las dimensiones mínimas y las características funcionales de construcción que deben cumplir las vías de circulación peatonal.

## 2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 GRÁFICAS DE INCLUSIÓN

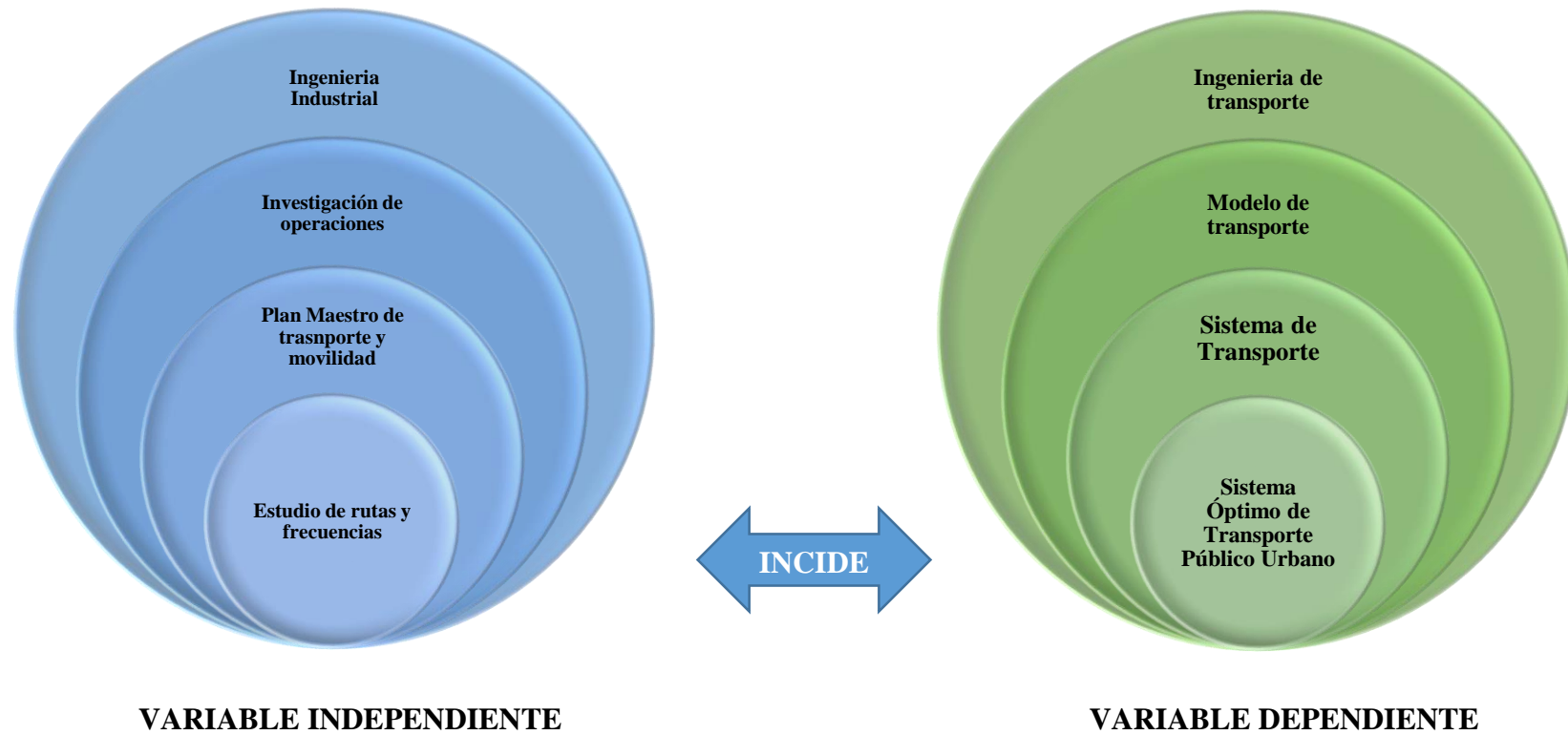


Figura 2.1 Constelación de variables

Elaborado por: Leonardo Sánchez



## 2.4.2 CONSTELACIÓN DE IDEAS

### VARIABLE INDEPENDIENTE

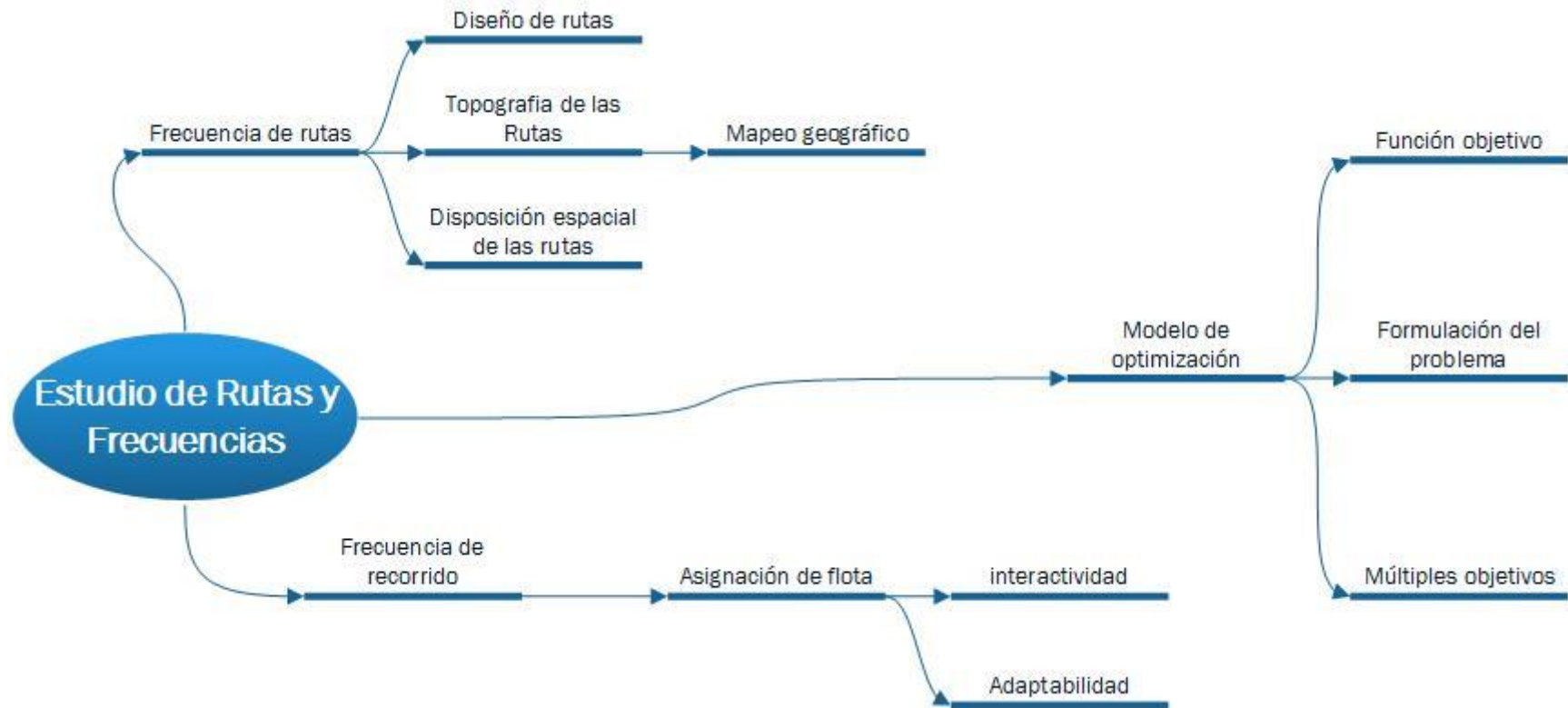


Figura 2. 1 Constelación de ideas variable independiente

Elaborado por: Leonardo Sánchez

## VARIABLE DEPENDIENTE



**Figura 2. 2** Constelación de ideas variable dependiente

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### 2.4.3 DESARROLLO DE MARCO TEÓRICO

#### REDISTRIBUCIÓN DE RUTAS Y FRECUENCIAS.

El Estudio del transporte público urbano, también conocido como problema de diseño de red de tránsito por sus siglas en inglés TNDP (*Transit Network Design Problem*), plantea objetivos del tipo: Maximizar la calidad del servicio, minimizar tiempos de viaje y espera, maximizar el beneficio de las cooperativas de transporte (Mauttone, 2005; Mauttone, Cancela, & Urquhart, 2003).

**Rutas:** Trayecto que sigue una unidad de transporte.

**Frecuencia:** Número de veces en el que una unidad del transporte urbano pasa por el mismo punto en un tiempo determinado.

Un estudio de transporte público urbano representa un punto importante para el desarrollo comercial de cualquier ciudad.(Albornoz & Johns, 2011; Eksioglu, Vural, & Reisman, 2009).

El desarrollo de una nueva red de rutas y frecuencias ha involucrado que en varias ciudades le dediquen esfuerzos a mejorar las con Figuraciones de las líneas para disminuir los tiempos de desplazamiento (Ceder & Wilson, 1986)

El desarrollo de frecuencias permite la optimización de las líneas con trazados fijos y encontrar una localización óptima de las paradas de bus.(dell'Olio & Mourab, 2005).

#### Topografía de las rutas

Dentro de las respuestas del plan de observación por parte del municipio en el plan de ordenamiento territorial (POT 2020). En su observación 1 menciona:

Analizar a profundidad y proponer soluciones para los aspectos identificados en el Plan de Ordenamiento Territorial entre las principales al estudio tenemos

correspondiente a:

- Racionalización del sistema de transporte público
- Mejoramiento general de la infraestructura vial
- Mejoramiento de la administración de tráfico en el centro
- Estudios y estrategias de estacionamiento de vehículos en el área central
- Mejoramientos de Geometrías y señalización de Intersecciones
- Sistema de Control de Tráfico Zonal (CTZ) para Ambato
- Desarrollo del sistema de ciclo vías
- Modernización de la flota de buses

Los ocho aspectos que se mencionan, a excepción del desarrollo del sistema de ciclo vías, las demás pasaron a constituirse en programas de trabajo de la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte Terrestre - UMT, hoy denominada Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad (Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato 2013).

#### **PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE DE AMBATO.**

Describe y expone los requerimientos y acciones que conforman el Plan, los programas de transporte público, gestión de la infraestructura, vialidad y seguridad vial; y sus propuestas.

El Plan Maestro de Movilidad 2020 contempla información de cada una de las cooperativas de transporte tales como: contratos, información de las cooperativas y de los dueños de las unidades y las rutas que cubren cada una de las cooperativas.(POT 2020).

Dentro de las políticas del plan de ordenamiento territorial POT para el 2020 están direccionadas a disminuir la congestión vehicular en el centro de la ciudad para obtener una buena conectividad entre las diferentes plataformas en sus puntos geográficos. (POT 2020).

El PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT 2020).Es un instrumento técnico de planificación urbana que prevé y organiza el futuro de la ciudad y el cantón. Su objetivo es general es potenciar a Ambato como una ciudad moderna. Plantea además objetivos particulares y estrategias: medio ambiente y espacio público, territorio, producción y comercio, vías y transporte.

El plan define a los sistemas como las redes que relacionan y soportan funcionalmente los espacios de la ciudad que están formados por los siguientes componentes: vías y transporte, espacio público, equipamiento y servicios e infraestructura.

Los diferentes tipos de sistemas de transporte que circulan dentro de la ciudad de Ambato según el POT 2020 se muestran en la Tabla 2.1, donde a cada sistema de transporte se le asigna un código y su segmento correspondiente.

**Tabla 2. 1** Viajes-persona en zona urbana(consta además de viajes a zonas rurales)

Código	Seg-mento	No motorizado	Auto	Taxi	Bus Escolar	TP	Total	%
BHT	SDA	14,407	-	11,164	-	55,391	80,963	13.5
BHE	SDA	10,053	-	6,401	8,449	50,548	75,451	12.6
BHO	SDA	4,409	-	7,585	-	31,479	43,473	7.2
NBH	SDA	2,970	-	2,709	-	11,409	17,088	2.8
<b>Subtotal</b>		<b>31,840</b>	<b>-</b>	<b>27,859</b>	<b>8,449</b>	<b>148,826</b>	<b>216,974</b>	<b>36.2</b>
BHT	CDA	14,539	112,240	8,267	-	43,702	178,748	29.8
BHE	CDA	6,664	20,951	3,140	8,381	24,812	63,949	10.7
BHO	CDA	1,990	65,368	7,565	-	22,078	97,001	16.2
NBH	CDA	2,048	26,677	3,846	-	10,391	42,963	7.2
<b>Subtotal</b>		<b>25,241</b>	<b>225,236</b>	<b>22,818</b>	<b>8,381</b>	<b>100,984</b>	<b>382,660</b>	<b>63.8</b>
<b>total</b>		<b>57,081</b>	<b>225,236</b>	<b>50,677</b>	<b>16,830</b>	<b>249,810</b>	<b>599,634</b>	<b>100.0</b>
<b>%</b>		<b>9.5</b>	<b>37.6</b>	<b>8.5</b>	<b>2.8</b>	<b>41.7</b>	<b>100.0</b>	

*B = basado; H = hogar; T = trabajo; E = escolar; O = otros; N = no; SDA = sin disponibilidad de auto; CDA; con disponibilidad de auto*

**Fuente:** Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato

## IDENTIFICACIÓN DE ZONAS

Para diseño de rutas urbanas se debe dividir en plataformas con el fin de establecer como un estándar de 4x4 cuadras de 100 metros cada una (Mauttone et al., 2010), las dimensiones establecidas influyen en la distancia de recorrido como un mínimo de

400m para un usuario de este medio de transporte, la demanda producida bajo estos parámetros es considerada cubierta (Mauttone et al., 2003, 2010; Mauttone, Giesen, & Urquhart, 2009).

Según el capítulo sexto del plan de ordenamiento territorial en la sección primera, establece:

**Plataforma 1.-** En el artículo 44 en esta plataforma la constituyen los sectores de Miraflores, La matriz, San Francisco, La Merced e Ingahurco.

**Plataforma 2.-** En el artículo 45 en esta plataforma la constituyen el área ubicada entre la ribera occidental del Río Ambato, las estribaciones bajas y laderas de la cordillera de Tusaló, Pinllo, Inapisi, que se extienden longitudinalmente formando una estrecha franja de baja pendiente desde Ficoa hasta el puente curvo de la avenida Indoamérica.

**Plataforma 3.-** En el artículo 46 en esta plataforma constituyen la altiplanicie sur oriental más alta de la ciudad que se extiende a partir del talud de la plataforma No. 1 hacia Huachi Grande y se abre entre las laderas del Casigana y las de Pishilata, conforma el más extenso territorio de ocupación urbana de Ambato, con mayores posibilidades de expansión residencial y densificación.

**Plataforma 4.-** En el artículo 47 en esta plataforma constituyen la tendencia de ocupación en torno de los corredores urbanos como el de la carretera Panamericana Norte y las vías de interconexión con las parroquias de Izamba, Martínez y Atahualpa promueven el proceso de conurbación que identifica al área comprendida entre las cabeceras parroquiales citadas y los sectores de: laderas de San Luis, Macasto, EL Pisque, Yacupamba y Quillán Loma.

**Plataforma 5.-** En el artículo 48 en esta plataforma la constituyen los sectores de la Península y Catiglata baja, plataforma donde se identifican dos niveles diferentes, no presentan características urbanas definidas por lo que es necesario complementar y aperturar el trazado Vial. Se conservarán áreas dirigidas a la recuperación y protección de elementos naturales, pues una parte de este sector se encuentra deteriorado por la

explotación de las minas de material pétreo y la presencia de una planta de asfalto y una industria de magnitud.

## **INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

Es una parte de la matemática que se encarga de la toma de decisiones a través de la utilización de algoritmos y modelos matemáticos generados por el investigador o utilizando modelos ya establecidos para mejorarlos según convenga.

La investigación de operaciones genera alternativas de decisión, establece restricciones y formula un criterio objetivo para valorar las alternativas que permitirán la construcción, solución y validación de un modelo para que finalmente se de paso a la implementación (Daza, Montoya, & Narducci, 2009; Taha, 2004).

## **INGENIERIA INDUSTRIAL**

La ingeniería industrial dentro de la investigación de operaciones y de la optimización de transporte busca encontrar un modelo matemático que permita establecer y tomar una decisión considerando varios factores entre ellos geografía, recursos sean estos intangibles y no tangibles considerados estos como no cuantificables haciendo énfasis en este último como por ejemplo el comportamiento humano (Rivela, Guayanlema, Corral, & Quintana, 2015; Taha, 2004).

Dentro del marco Jurídico ecuatoriano se grafica su estructura, composición del ordenamiento jurídico orgánico. Ver Figura 2.4.



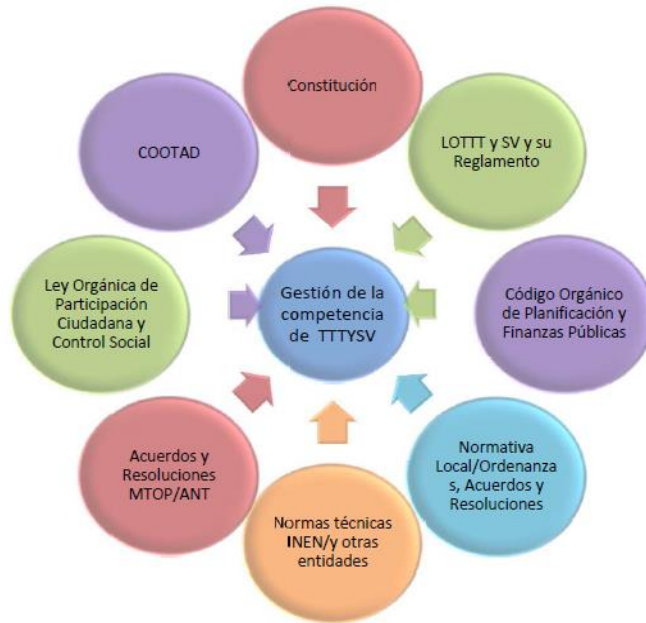
**Figura 2. 3** composición del ordenamiento jurídico orgánico.

**Fuente:** Plan de Ordenamiento territorial

La Figura 2.4 muestra a la constitución como la jerarquía más alta después de la cual se desprende, las leyes orgánicas donde se regula los derechos fundamentales de los ciudadanos, las leyes especiales donde se establece los fundamentos de transferencia de tecnología, leyes generales controlan la conducta de los hombres y sus fines, los reglamentos los que se utiliza para controlar las funciones encargadas, las ordenanzas y decretos para que estas se cumplan según las disposiciones generales para así facilitar la aplicación de una ley y finalmente los oficios y manuales los cuales se utiliza para que el usuario solicite a través de estas la ayuda y los seguimientos que de ellas se desprenda.

El marco jurídico en su campo más amplio tiene bajo su gestión una normativa principal y secundaria en la cual se establece la estructura de su sistema de gestión. ver Figura 2.5.





**Figura 2. 4** Estructura del sistema de gestión

**Fuente:** Plan de Ordenamiento territorial

La Figura 2.5 muestra en la parte central al sistema de gestión de la competencia de transporte y a sus alrededores los cuerpos jurídicos relacionados con la gestión de tránsito transporte y movilidad.

### **SISTEMA DE ÓPTIMO DE TRANSPORTE.**

La base principal para la optimización es la obtención de un modelo matemático que permita según convenga maximizar o minimizar un requerimiento. Una función objetivo permite a través de sus restricciones y de una técnica de programación lineal optimizar un requerimiento (Mauttone et al., 2003; Reyes Vasquez, Cárdenas, Carrillo, & Rosero, 2015; Taha, 2004; Tebaldi & West, 1998).

El estudio de distribución de transporte ha sido llevado a cabo mediante técnicas de programación dinámica y la investigación operativa (Bellman & Dreyfus, 2015), mediante la obtención de la ruta más corta se optimiza la transferencia de pasajeros entre la salida y llegada de un autobús, utiliza en la mayoría de sus casos teóricos grafos que permiten evidenciar la trayectoria de las unidades dentro del recinto urbano

(Cavendish & Gerla, 1998; Onaindía; Reyes Vasquez & Velis, 2014) (Mauttone et al., 2003).

## **SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN**

Este sistema se basa en la optimización de un conjunto de redes para el transporte urbano, a través de un estudio adecuado con programación de algoritmos. Una optimización posee varias complejidades entre ellas no linealidad, no convexidad y múltiples objetivos (Mauttone et al., 2010)

El componente principal que caracteriza un modelo es su formulación con la función objetivo que refleja el interés de los pasajeros.(Mauttone et al., 2003, 2010)

## **MODELO DE TRANSPORTE**

El modelo de transporte es un componente necesario para la optimización de rutas y frecuencias, se basan en funciones objetivos para que en ellas se muestren las necesidades de los usuarios

El principal objetivo de un modelo de transporte es minimizar los costos operativos y que utilizan de base la programación matemática, en su mayoría utilizan algoritmos genéticos meta heurística que se han probado ser flexibles en otros contextos(Bobi et al., 2010; de Dios Ortúzar & Willumsen, 2008)

Los modelos de transporte más conocidos se presentan en la Tabla 2.2.

**Tabla 2. 2** Modelos de programación matemática

<b>Autor (es)</b>	<b>Función Objetivo</b>	<b>Restricciones</b>	<b>Aportes</b>	<b>Limitaciones</b>
Baaj Mahmassani (1991)	Minimiza tiempos de transferencia y tamaño de flota	-Frecuencia Factible -Factor de carga -Tamaño de flota	Varios Parámetros configurables	Coefficientes de conversión en función objetivo
Israeli y Ceder (1993)	Minimiza tiempos de transferencia y tamaño de flota (multiobjetivo)	No especificadas	Formulación multiobjetivo	

Ngamchai y Lovell (2000)	Minimiza tiempos de transferencia y tamaño de flota ( detallado)	Factor de carga	Modelo Detallado, frecuencias óptimas	Coefficientes de conversión en función objetivo
Gruttner, Punninghoff, tudela y Diaz (2002)	Maximiza beneficios de operador y minimiza costos de usuario	Distribución de acceso y egreso (a origen y destino)	Modelo alternativo de asignación (logit)	-Falta tratamiento de frecuencias y flota -Coefficientes de conversión en función objetivo

Fuente: A MAuttone 2010.

### Modelo Baaj Mahmassani (1991).

El objetivo de este modelo es minimizar el tiempo total de subida y bajada de pasajeros a esto también se lo conoce como trasferecia y está sujeto a restricciones de frecuencias, factores de carga y tamaño de la flota, el modelo está definido por:

$$\min = C_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} t_{ij} + C_2 \sum_{k \in R} f_k t_k \quad \text{ecuacion 2.1}$$

Para:

$$f_k \geq f_{min} \quad \forall k \in R \quad \text{Frecuencia factible}$$

$$LF_K = \frac{(Q_K)_{max}}{f_{KCAP}} \leq LF_{max} \quad \forall k \in R \quad \text{Factor de carga}$$

$$\sum_{k \in R} N_k = \sum_{k \in R} f_k t_k \leq W \quad \text{Tamaño de flota}$$

Donde:

$n$  = Cantidad de nodos en la red

$d_{ij}$  = demanda (Cantidad de viajes por unidad de tiempo) entre los nodos  $i$  y  $j$ .

$t_{ij}$ : Tiempo total del viaje entre  $i$  y  $j$  (vehículo, espera y transferencia si existe)

$N_k$ : Cantidad de buses operando en la ruta  $k$ ,  $N_k = f_k T_k$

$t_{ij}$ : Frecuencia de buses operando en la ruta  $k$ .

$f_{min}$ : mínima frecuencia de buses permitida para toda ruta.

$t_k$ : Tiempo total del viaje en la ruta k.

$W$ : tamaño de la flota disponible (cantidad de buses por hora)

$LF_K$ : factor de carga en la ruta k

$(Q_K)_{max}$ : máximo flujo por arco en la ruta k

$CAP$ : Capacidad de pasajeros sentados en los buses.

$LF_{max}$ : Máximo factor de carga permitido.

$R$ : Conjunto de rutas para una solución dada.

$C_1$  y  $C_2$ : factores de conversión y pesos relativos de los términos de la función objetivo.

El modelo es flexible debido a que permite la incorporación de aspectos que involucran al usuario, entre las restricciones que se basan a este aspecto se encuentra la mínima proporción de demanda cubierta en base a viajes sin trasferencias o al menos una transferencia pueden ser agregados al momento de aplicar el método de resolución.(Mauttone et al., 2009).

Los componentes de la función objetivo que corresponde a este modelo se expresan en distintas unidades, esto obliga a utilizar factores de conversión (Mauttone et al., 2009).

El modelo Baaj Mahamassani (1991, 1995) está compuesto de tres algoritmos implementados:

- RGA (Route Generation Algorithm)
- TRUST (Transit Route Analyst)
- RIA (Route Improvement Algorithm)

**RGA (Route Generation Algorithm).** -conocido como algoritmo de generación de ruta

**Israeli y Ceder (1993).**

El modelo de (Ceder & Israeli, 1993). formula como un problema de optimización multiobjetivo la siguiente ecuación.

$$\min Z_1 = a_1 \sum_{i,j \in N} PH_{ij} + a_2 \sum_{i,j \in N} WH_{ij} + a_3 \sum_{r \in R} EH_r \quad \text{ecuación 2.2}$$

$$\min Z_2 = FS$$

$PH_{ij}$ : Cantidad de pasajeros/hora, entre los nodos i y j (mide el tiempo de viaje en vehículo de los pasajeros):

$WH_{ij}$ : Tiempo de espera de pasajeros entre los nodos i y j.

$EH_r$ : Tiempo de viaje vacío, que refleja la utilización de los buses.

$FS$ :Tamaño de la flota.

$R$ : Conjunto de rutas para una solución dada.

$a_1, a_2$  y  $a_3$ : Pesos que reflejan la importancia relativa de los términos de la función  $Z_1$

### **Ngamchai y Lovell (2000)**

Este modelo incorpora factores de conversión que permite calcular las frecuencias de rutas (Mauttone et al., 2010).

$$\min (FC + UVC + UWC) \quad \text{ecuación 2.3}$$

Donde:

$$FC = \frac{2C_V}{V} \sum_{k=1}^R \frac{d_k}{h_k} \quad (\text{Costo de la flota}) \quad \text{ecuación 2.4}$$

$$UVC = \frac{\gamma_V}{V} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} D_{ij} \quad (\text{Costo de viaje}) \quad \text{ecuación 2.5}$$

$$UWC = \frac{\gamma_w}{2} \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} \alpha_{ijk} h_k \quad (\text{Costo de viaje en vehículo}) \quad \text{ecuación 2.6}$$

Para:

$m$ : Cantidad de nodos en la red

$R$ : Cantidad de rutas de una solución determinada

$C_V$ : Costo por hora de operación de los buses.

$V$ : Velocidad de los buses en la red

$d_k$ : Largo de la ruta  $k$

$q_{ij}$ : demanda entre los nodos  $i$  y  $j$  (cantidad de viajes por hora)

$D_{ij}$ : Largo de la ruta más corta seleccionada por los pasajeros viajando de  $i$  a  $j$ .

$\alpha_{ijk}$ :  $\alpha_{ijk} = 1$  si la ruta  $k$  utiliza el arco  $(i, j)$ ,  $\alpha_{ijk} = 0$  en caso contrario.

$\gamma_V, \gamma_w$ : Coeficientes que reflejan el valor subjetivo de los tiempos de viaje y espera

$h_k$ : Espaciamiento temporal del servicio operante en la ruta  $k$  (inverso de la frecuencia).

$$h_k = \min \left( \sqrt{\frac{4d_k C_V}{\gamma_w V \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} \alpha_{ijk}}} h_k^{max} \right) \quad \text{ecuación 2.7}$$

Donde:

$h_k^{max}$ : depende del factor de carga y del arco con mayor flujo en la ruta k.

**Gruttner, Pinninghoff, Tudela y Díaz (2002)**

Este modelo no contempla aspectos tales como la determinación de frecuencias y dimensionamiento y a diferencia de los anteriores difiere en la especificación de los componentes del sistema, su modelo de asignación es alternativo y utiliza el método logit para calcular el origen – destino (i, j) (Mauttone et al., 2010; Mauttone et al., 2009).

$$\max\{\alpha FO(R_i) - \beta FU (R_i)\} \quad \text{ecuación 2.8}$$

Donde:

$R_i$ : i- ésima ruta válida ( $R_i \in R$ , *Conjuto derutas válidas*)

$\alpha$  y  $\beta$ : Coeficientes que representan la importancia relativa de cada objetivo:

$FO = IO_L - CO_L$ : Función de beneficio del operador

$IO_L = AF_L T_L$ : ingreso operador.

$CO_L = Distancia_L K_L$ : costo operador

$AF_L$ : afluencia total de viajes que atrae la ruta L

$T_L$ : tarifa cobrada por la línea L.

$K_L$ : costo unitario de operación por kilómetro.

$$FU = CU_L = \sum_i \sum_i (\partial t_{ijL}^a + t_{ijL}^v + \eta t_{ijL}^e) x VST x V_{ijL} \quad \text{ecuación 2.9}$$

Donde:

$t_{ijL}^a, t_{ijL}^v, t_{ijL}^e$  : los tiempos de acceso a la línea, de viaje y de espera respectivamente

$VST$ : valor subjetivo del tiempo

$V_{ijL}$ : número de viaje entre cada par origen-destino (i, j) que utilizan la línea L;

$\partial$  y  $\eta$ : Pesos relativos de los tiempos de acceso y espera con respecto al tiempo de viaje.

### **Luigi Dell 'Olio**

El Modelo de Luigi Dell 'Olio que no se muestra en la Tabla 2.2, se basa en la optimización bi-nivel con el fin de evaluar las líneas de frecuencias óptimas (dell'Olio & Mourab, 2005) con trazados estables o fijos y encontrar los puntos de localización óptima de los buses.(Castañeda Jiménez & Cardona Arias, 2014)

El objetivo de estudio de (dell'Olio & Mourab, 2005) es hallar el equilibrio óptimo entre el usuario y la oferta, esto a través de una programación matemática bi-nivel, esto quiere decir que existe un nivel superior y un nivel inferior, como se muestra.(Dell'Olio, Ibeas, & Cecin, 2011; Koehler & Kraus, 2010)

### **Nivel superior**

El objetivo de este nivel es minimizar los costos iniciales involucrados en la operación del sistema de transporte. En este nivel además se considera el costo total de viaje que depende de la ubicación de las paradas y de la distancia entre ellas

$$\text{Min } Z = CTV(d_g, f_s) + CO(d_g, f_l) + CC(n) \quad \text{ecuación 2.10}$$

$$\text{s. a } f_s \leq \min\left(\frac{3600}{TO_{k'}}\right) \quad \forall s \quad \text{ecuación 2.11}$$

Donde:

CTV: Coste total del viaje

CO: Coste de Operación

$f_l$  : Frecuencia de línea l.

$TO_{k'}$  : Tiempo de ocupación del paradero  $k'$  expresado en segundos



## Nivel inferior

En este nivel se considera el modelo de asignación transporte público el cual requiere definir una red más compleja (dell'Olio & Mourab), y viene definida por un grafo (De Cea & Fernández, 1993)

$$G' = (\bar{N}, S) \text{ ecuación 2.12}$$

Donde:

S.-es el conjunto de arcos de la red y está compuesta de secciones de ruta y arcos de acceso.

El nivel inferior está definido por:

$$c(V^*) \cdot (V^* - V) \leq 0, \quad \forall V \in \Omega \quad \text{ecuación 2.13}$$

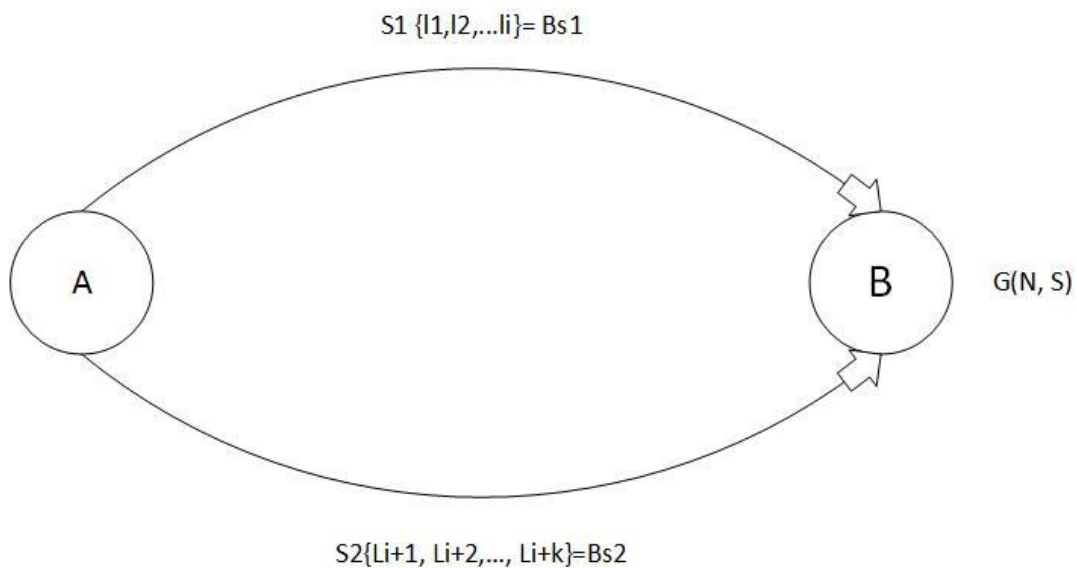
Donde:

C.- es el vector de costes de secciones de ruta

V.-Cualquier vector de ruta factible en secciones de ruta

$\{V_S\}$  y  $V^*$  .-representa la solución de equilibrio en términos de flujo en secciones de ruta.

$\Omega$  .-Conjunto de todos los flujos factibles.



**Figura 2. 5** Grafo de trayectoria origen A - destino B

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 2.6 muestra el arco “S1” es el primero de transporte público, significa el conjunto de líneas rápidas Bs2 y corresponde al conjunto de líneas que permite minimizar el tiempo (costo) generalizado de viaje sin considerar como restricción la capacidad de los vehículos. (Bobi et al., 2010; Lovreglio, Borri, dell’Olio, & Ibeas, 2014).

## **INGENIERIA DEL TRANSPORTE.**

La ingeniería de transporte resuelve mediante modelos matemáticos problemas subyacentes a rutas y frecuencias, conseguir la optimización de cada una es la base fundamental de la ingeniería (Concepción, Vasquez, Contreras, & Alva, 2011; Reyes Vasquez et al., 2015; Sarmiento Lepesqueur & Quintero Araujo, 2014).

Dentro de la ingeniería de transporte se encuentran los problemas tales como:

- Complejidad en las combinaciones.
- Asignación de sub-modelo
- Naturaleza multi-objetivo

**Complejidad en las combinaciones.** - Viene dada por su naturaleza discreta que representan los recorridos (Abreu, 2012; Mauttone et al., 2010).

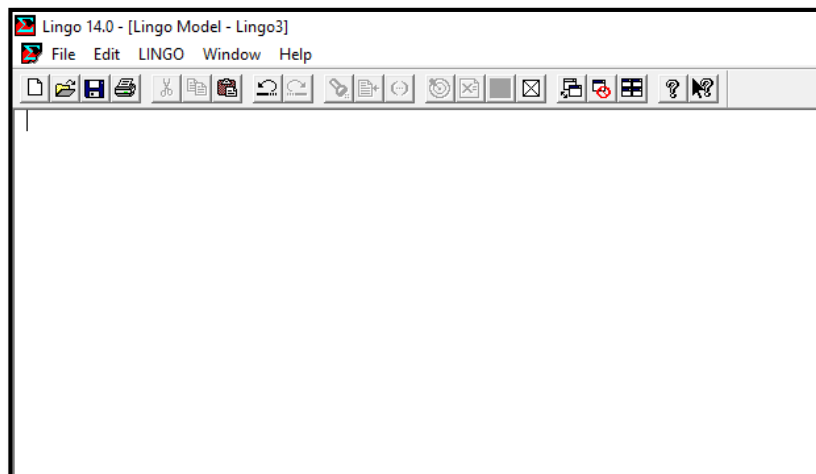
**Asignación de sub-modelo ó sub modelo de asignación.** - Esta asignación sirve para evaluar los recorridos y frecuencias de los buses (Koehler & Kraus, 2010).

**Naturaleza multi-objetivo.** - Debido a varios factores que influyen en el transporte público, los usuarios y los operadores de las unidades son los factores que modifican una función de la naturaleza multiobjetivo, volviéndola compleja de esta manera y desde el punto de vista de resolución de sus algoritmos (Mauttone et al., 2009).

## **SOFTWARE LINGO**

Lingo es un software para programación lineal y no lineal que permite resolver modelos de programación matemática utilizando como principio fundamental las fórmulas matemáticas tradicionales (ver Figura 2.7).

El principio fundamental para la programación dentro el software es saber plantear de manera adecuada los modelos matemáticos a resolver, cabe destacar que Lingo evalúa los datos de manera separada o aislada, puede leer los datos de una hoja de cálculo separada ofreciendo de esta manera mayor funcionalidad en las iteraciones



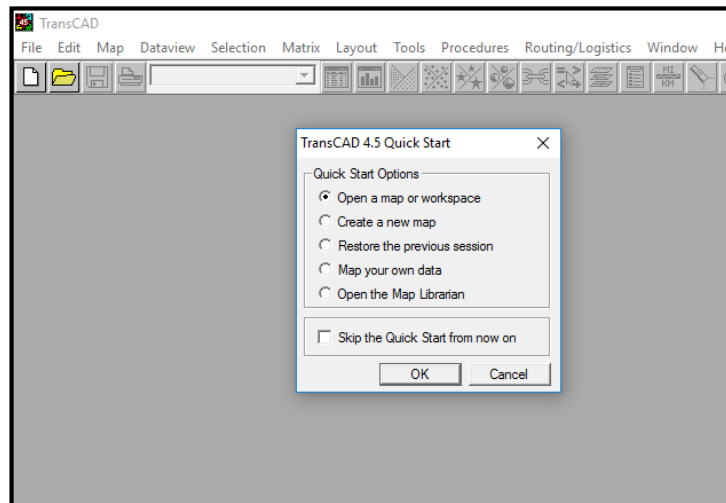
**Figura 2. 6** Interfaz de usuario de Lingo

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

## SOFTWARE TRANSCAD

TransCAD trabaja bajo el Sistema de Información Geográfica (GIS o SIG) este sistema permite evaluar las diferentes zonas geográficas de manera actualizada con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el software evalúa las vías y su capacidad, permite ingresar además las funciones objetivo dentro de su algoritmo de programación para diseños propios de modelo de transporte.

TransCAD Trabaja bajo plataforma de Windows, de esta manera brinda un mejor sistema de apoyo en la toma decisiones



**Figura 2. 7** Interfaz de entrada para usuario de TransCAD

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

## TRANSPORTE PÚBLICO

Más de la mitad de los viajes se realiza en buses de transporte público, transporte escolar y taxis 52.9%. El segmento de la población que no tiene disponibilidad de auto se moviliza mayoritariamente en transporte público 68.6%; 14.75 en transporte no motorizado y 12.8% en taxi. Por el contrario, el segmento que tiene disponibilidad de auto se moviliza mayoritariamente en vehículo privado 58.9%; 26.4% en transporte público y 6.6% en no motorizado y 6% en taxi (Concepción et al., 2011).

Los viajes basados en el hogar al trabajo representan el 43.3% de los viajes; los viajes basados en el hogar al estudio son el 23.2% y los viajes basados en el hogar para otros motivos son el 23.4% de los viajes (Concepción et al., 2011; Rivela et al., 2015).

## **2.5 HIPÓTESIS**

¿El estudio de rutas y frecuencias incide en un sistema óptimo de transporte público urbano?

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

Variable Independiente (X) = Estudio de rutas y frecuencias (Causa)

Variable Dependiente (Y) = Sistema óptimo de transporte Público Urbano (Efecto)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se desarrolla en un enfoque cuali-cuantitativo, esto permite ver de manera directa el problema de estudio, el grado de cumplimiento de las rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte público urbano, su análisis respectivo y la verificación de los resultados que influyeron en el cumplimiento de la hipótesis (Aldás & Flores, 2016; Concepcìon et al., 2011).

#### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **Exploratorio**

Esta investigación permite detallar y especificar las características del problema, el origen o como ha ido evolucionando durante todo este tiempo, aplicando métodos, técnicas de investigación y control, así como también medir estadísticamente la relación existente entre variables del objeto de estudio (Abreu, 2012).

##### **Descriptivo**

Para realizar el proyecto de investigación se utiliza la modalidad bibliográfica documental ya que para su ejecución se sustentó en información ya existente basada en libros, tesis, revistas, lectura, biblioteca, etc. Con la finalidad de que la información

este centrada en la comprensión y en el realismo permitiendo de esta manera que el investigador pueda conceptualizar las variables y categorías.

### **Investigación de Campo**

Consiste en la recolección de datos directamente de los usuarios del transporte público–urbano donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna (Arias, 1999).

## **3.3 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Bibliográfica Documental**

Es el primer paso a seguir en una investigación científica, en la cual se analiza toda la información escrita que fue posible y que estaba al alcance, a través de una minuciosa lectura científica y la realización de resúmenes de diferentes documentos como libros de gestión y caracterización de residuos, revistas científicas y publicaciones que estén relacionadas con el tema, además de internet, entre otras, con la finalidad que la información esté centrada en la comprensión y el realismo para sustentar el trabajo de investigación (Arias, 1999; García, Pulido, & Lucas, 2001).

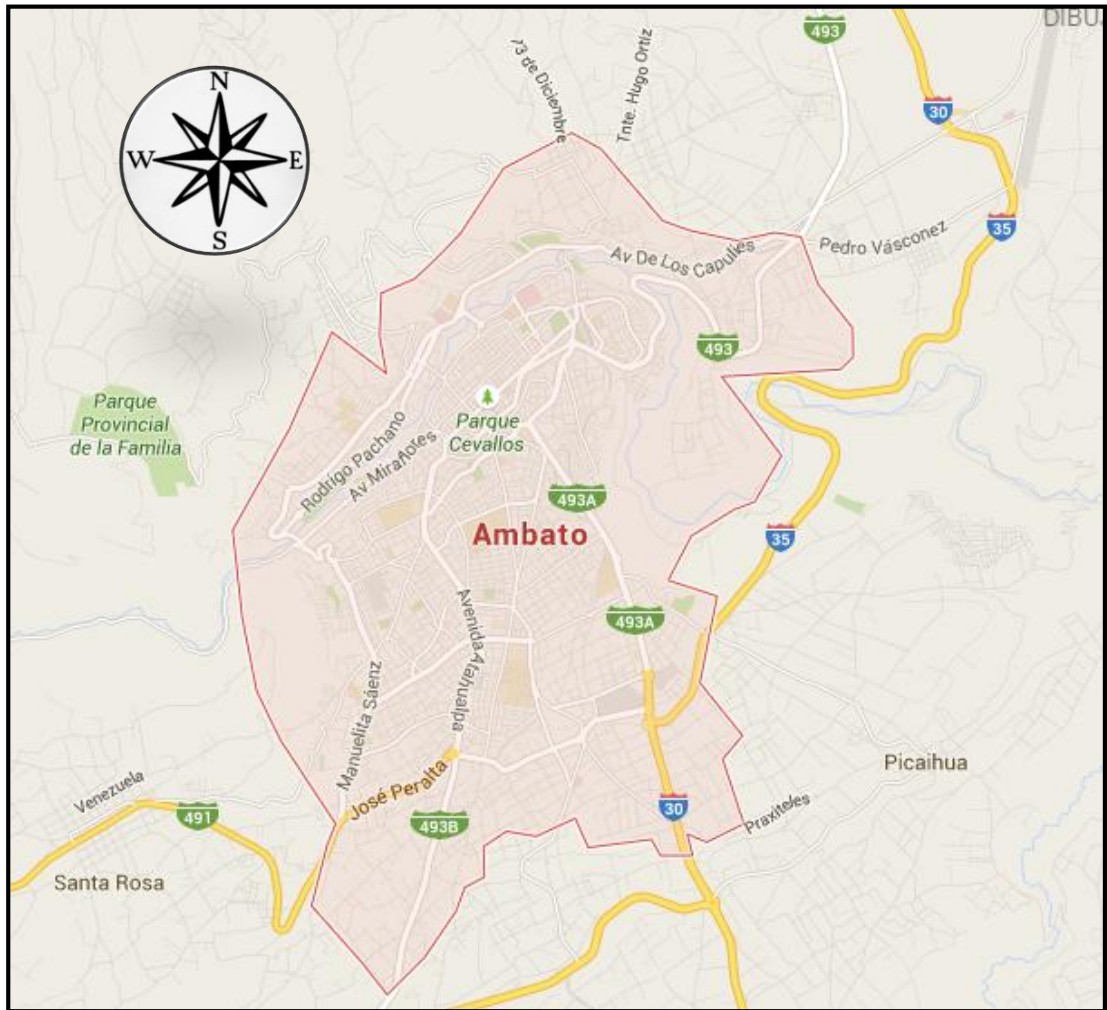
### **De Campo**

La información que presenta la investigación de campo es primaria, teniendo como consecuencia las rutas y frecuencias no adecuadas que contribuyen a un deficiente sistema de transporte público-urbano y que desencadena inconvenientes en los usuarios de este medio de transporte.

## **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se tomará como población y muestra a las cooperativas de transporte del cantón Ambato en la zona urbana (ver Figura 3.1), las mismas que se dividirán por número

de unidades en sus diferentes cooperativas, esto basándose en el Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato (ver Tabla 3.1).



**Figura 3. 1** Ubicación geográfica de Ambato

**Fuente:** Google Maps 2016

**Tabla 3. 1** Número total de unidades por cooperativas

Nº	COOPERATIVA	TOTAL UNIDADES
1	TUNGURAHUA	145
3	UNION	87
4	JERPAZSOL	65
5	LIBERTADORES	55
	<b>TOTAL</b>	<b>352</b>

**Fuente:** Plan Maestro de movilidad 2012



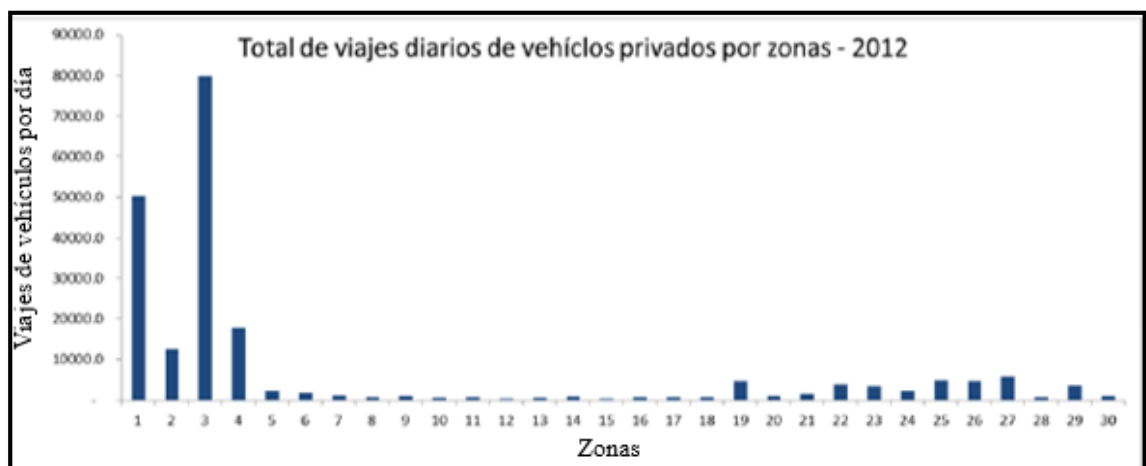
La Tabla 3.2 muestra la identificación de cada plataforma y zona que pertenece al cantón Ambato mediante la cual se podrá ver la cobertura de cada cooperativa.

**Tabla 3. 2** Identificación de zonas en la ciudad de Ambato

No.	Nombre	No.	Nombre	No.	Nombre
1	Plataforma 1	11	Constantino Fernández	21	Montalvo
2	Plataforma 2	12	San Bartolomé de Pinllo	22	Totoras
3	Plataforma 3	13	Ambatillo	23	Picaihua
4	Plataforma 4	14	Quisapincha	24	Cantón Píllaro
5	Plataforma 5	15	San Fernando	25	Cantones Orientales
6	Huachi Grande Urb	16	Pilahuin	26	Cantones Sur
7	Cunchibamba	17	Pasa	27	Provincias Norte
8	Unamucho	18	Juan Benigno Vela	28	Provincias Oriente
9	Atahualpa	19	Santa Rosa	29	Provincias Sur
10	Agusto Martínez	20	Huachi Grande Rur	30	Provincias Costa-Sur

**Fuente:** Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato (2012)

En la Figura 3.2 se puede apreciar el número de viajes de vehículos por día ubicados por zonas, lo que indica que la mayor concentración se da en la plataforma 1, 2, 3, 4.



**Figura 3. 2** Viajes diarios de vehículos por día

**Fuente:** Informe Final Plan Maestro Ambato 2012

En la Tabla 3.3 se aprecia el número diario de pasajeros que toma el bus urbano por plataforma y parroquia, mientras que en la Figura 3.3 se muestra el diagrama de barras de los valores de la Tabla 3.3.

**Tabla 3. 3** Número diarios de pasajeros que toma el transporte publico

<b>NÚMERO DIARIOS DE PASAJEROS EN TRANSPORTE PÚBLICO</b>		
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor promedio diario de pasajeros</b>
1	Plataforma 1	6300,00
2	Plataforma 2	2700,00
3	Plataforma 3	9600,00
4	Plataforma 4	7200,00
5	Plataforma 5	1500,00
6	Huachi Grande	800,00
7	Cunchibamba	320,00
8	Unamuncho	210,00
9	Atahualpa	740,00
10	Augusto Martínez	620,00
11	Conts. Fernández	250,00
12	San B. Pinllo	800,00
21	Montalvo	520,00
22	Totoras	810,00
23	Picaihua	630,00
<b>Total</b>		<b>33000,00</b>

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 3. 3** Número diario de pasajeros en promedio que toma el transporte público

**Fuente:** Informe Final Plan Maestro Ambato 2012

Se considera como población de estudio al número total de cooperativas que circulan en la ciudad de Ambato y al promedio total mensual de pasajeros que toma este medio de transporte público, con un nivel de confianza del 95% equivalente a un factor probabilístico (z)  $z=1.96$ , se obtiene:

**Tabla 3. 4** Número de operadores y unidades de transporte

Tipo de Servicio	No. Cooperativas/ Cooperativas	No. Unidades	Promedio simple No. Unidades/Cooperativa-Empresa
Transporte Público Urbano	5	352	87
Transporte Público Interparroquial	3	66	22
Taxis	50	2400	48
Transporte Escolar e Institucional	11	269	24
Carga Liviana	30	752	25

**Fuente:** Plan Maestro de Transporte y Movilidad del Cantón Ambato 2013

Para la obtención de la muestra se considera como variable cuantitativa la siguiente ecuación.

$$n_o = \frac{z^2 * P * Q * N}{z^2 * P * Q + N * e^2} \quad \text{ecuación 3.1}$$

Dónde:

Z.- factor probabilístico (Viene dado por el nivel de confianza)

P, Q.- Varianza de la proporción

e.-error máximo

N.- población total

Para un nivel de confianza del 95% se utiliza  $z=1.96$

**Tabla 3. 5** Nivel de confianza vs factor Z

confianza	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
<b>z</b>	1,64	1,7	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,32	2,58

**Fuente:** (Anderson, Sweeney, Williams, & Pozo, 2001)

**Tabla 3. 6** Cálculo de la muestra de unidades de transporte

nivel de confianza	95%	
N	352	Unidades
e	0.05	
P, Q	0.5	
<b>muestra</b>	183.69	Unidades
	184	Unidades

**Fuente:** Leonardo Sánchez

**Tabla 3. 7** Cálculo de la muestra de los usuarios del transporte público

nivel de confianza	95%	
N	33000	Pasajeros
e	0.05	
P, Q	0.5	
<b>muestra</b>	379.74	Pasajeros
	380	Pasajeros

**Fuente:** Leonardo Sánchez

Para el presente estudio se tomará una **muestra de 184 unidades** del total de 352 unidades que circulan en la ciudad y una **muestra de 380 personas** de un total en promedio mensual de 33000 personas que toman este medio de transporte en las diferentes zonas y plataformas.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES

Tabla 3. 8 Operacionalización de la variable independiente

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS</b>				
<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</b>
<p><b>Estudio de rutas y frecuencias</b> Es el conjunto de técnicas contempladas a determinar los atributos peculiares de movilidad, de manera tal que se distingan unos de otros. Frecuencia es la regularidad con la que una unidad pasa por el mismo punto en un determinado tiempo.</p>	-Recorrido	-Rutas óptimas -Distancia	¿Se podrá medir el nivel de satisfacción de ruta? ¿Se podrá medir la distancia entre la salida y la llegada?	-Observación directa -Ficha de recolección de información
	-Regularidad del tráfico	-Tiempo de recorrido	¿Se podrá medir el tiempo en que se demora la unidad en llegar a su destino?	-Observación directa. -Ficha de recolección de información
	-Frecuencia de pasada por el mismo punto	-Número de veces que pasa la unidad por el mismo punto -Tiempo de espera	¿Se podrá medir la frecuencia de pasada del transporte urbano? ¿Se podrá medir el tiempo de espera?	-Observación directa. -Ficha de recolección de información

Elaborado por: Leonardo Sánchez

## VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla 3. 9 Operacionalización de la variable dependiente

<b>VARIABLE DEPENDIENTE: SISTEMA ÓPTIMO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO</b>				
<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</b>
<b>Sistema óptimo de transporte público urbano</b> Es el medio por el cual las personas se desplazan de un sitio a otro para así cumplir sus labores cotidianas utilizando como medio el transporte público	Comodidad	-Nivel de comodidad	¿Cree usted que el nivel de comodidad es aceptable? ¿Se podrá identificar la necesidad de mejora de las paradas?	Ficha de recolección de información
	Buen servicio	-Nivel de buen servicio -Paradas establecidas	¿Se podrá medir el nivel de servicio por parte de las cooperativas? ¿Se podrá medir el número de paradas que realiza una unidad en su recorrido?	Ficha de recolección de información
	Seguridad	-Nivel de seguridad	¿Se podrá definir un nivel de seguridad dentro de una unidad? ¿Se podrá identificar la necesidad de un carril exclusivo?	Ficha de recolección de información

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### 3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Tabla 3. 10 Plan de recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Para estudio de rutas y frecuencias
2. ¿A qué personas vamos aplicar?	La Recolección de información se aplicara a cada una de las diferentes cooperativas
3. ¿Sobre qué aspectos?	Los datos que se recogerán estarán basados en los diferentes tipos de rutas y frecuencias.
4. ¿Quién?	La persona encargada de recolectar la información. El investigador: Leonardo Sánchez
5. ¿Cuándo?	La recolección de la información se realizará de enero a mayo de 2017
6. ¿En qué lugar?	Se tomara como sitios los sectores ya establecidos para la medición el toda la zona urbana de Ambato.
7. ¿Con que técnicas?	La técnica que se empleará para la recolección de la información será la encuesta, observación, fichas técnicas.
8. ¿Con que instrumentos?	Se elaborará cuestionarios.
9. ¿En qué situación?	La información que se levantara será tomada en un día de jornada normal

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### 3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de la información es fundamental: El seguimiento y control de la actividad y resolución de incidencias. - en los cuales se analizarán los incidentes en las vías públicas, congestión del tráfico, maniobrabilidad (capacidad de llegar de un sitio a otro), capacidad de pasajeros en las unidades.

En lo referente a frecuencias se analizarán los controles de velocidad y velocidad media y las paradas obligatorias,

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

##### 4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS COOPERATIVAS

En el recinto urbano de la ciudad de Ambato circulan cuatro cooperativas de transporte que en total suman 352 unidades, para los cuales se trabajara con una muestra de 184 unidades

**Tabla 4. 1** Número de cooperativa de buses urbanos en la ciudad de Ambato

<b>TOTAL DE COOPERATIVAS</b>				
<b>N°</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>Total Unidades</b>	<b>Total de unidades para estudio</b>	<b>Porcentaje de unidades para estudio</b>
1	COOPERATIVA TUNGURAHUA	145	76	41%
3	COOPERATIVA UNION	87	45	25%
4	COOPERATIVA JERPZSOL	65	34	18%
5	COOPERATIVA LIBERTADORES	55	29	16%
	<b>TOTAL</b>	<b>352</b>	<b>184</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Fuente:** Contratos de Operación Transporte Público (TP) 2015

Cada una de las cooperativas que se desplaza dentro de las cinco plataformas urbanas y sus parroquias, cubre diferentes rutas de las cuales se obtuvieron los siguientes datos:



La Tabla 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 muestra la información personal y número de unidades en uso de la cooperativa de transporte Tungurahua, unión ambateña, los libertadores y Jerpazsol respectivamente.

**Tabla 4. 2** Información personal de la cooperativa de transportes Tungurahua

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "TUNGURAHUA"
<b>Representante legal:</b>	Luis Alfonso Santamaría Acurio
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros de buses Urbanos
<b>Tipo:</b>	Buses
<b>Domicilio:</b>	Calle Unidad Nacional N° 08-20 y Primera Imprenta
<b>Provincia:</b>	Tungurahua
<b>Cantón:</b>	Ambato
<b>Parroquia:</b>	La Merced
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>	145

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Fuente:** Contratos de Operación Transporte Público (TP) 2015

**Tabla 4. 3** Información personal de la cooperativa de transportes Unión Ambateña

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA"
<b>Representante legal:</b>	Sr Manuel Guillermo Escobar Villacres
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros de buses Urbanos
<b>Tipo:</b>	Bus Urbano
<b>Domicilio:</b>	Calle Cuenca 13 - 28 entre Mera y Montalvo
<b>Provincia:</b>	Tungurahua
<b>Cantón:</b>	Ambato
<b>Parroquia:</b>	La Matriz
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>	87

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Fuente:** Contratos de Operación TP 2015

**Tabla 4. 4** Información personal de la cooperativa de transportes Los Libertadores

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES"
<b>Representante legal:</b>	Sr. Hervin Klever Bombón Velastegui
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros en buses Urbanos
<b>Tipo:</b>	Buses
<b>Domicilio:</b>	Av. Atahualpa S/N y mercurial frente a almacén Kiwy
<b>Provincia:</b>	Tungurahua
<b>Cantón:</b>	Ambato
<b>Parroquia:</b>	Huachi Chico
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>	65

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Fuente:** Contratos de Operación TP 2015

**Tabla 4. 5** Información personal de la cooperativa de transportes JERPAZSOL

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "JERPAZSOL"
<b>Representante legal:</b>	Sr. Luis Joaquín Jerez Aguilar
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros en buses Urbanos
<b>Tipo:</b>	Buses
<b>Domicilio:</b>	Panamericana Norte Km 8 vía a Quito S/N
<b>Provincia:</b>	Tungurahua
<b>Cantón:</b>	Ambato
<b>Parroquia:</b>	
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>	55

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Fuente:** Contratos de Operación TP 2015

La Tabla 4.6 muestra las trayectorias en las siete líneas que cubre la cooperativa de transporte Tungurahua en las que se detalla la velocidad media recorrida durante su trayecto, la distancia entre el origen y su destino, la duración del viaje, el número de paradas establecidas el promedio total de pasajeros de pasajeros que sube a la unidad de transporte durante el viaje y el número de unidades habilitadas que cubre cada línea.

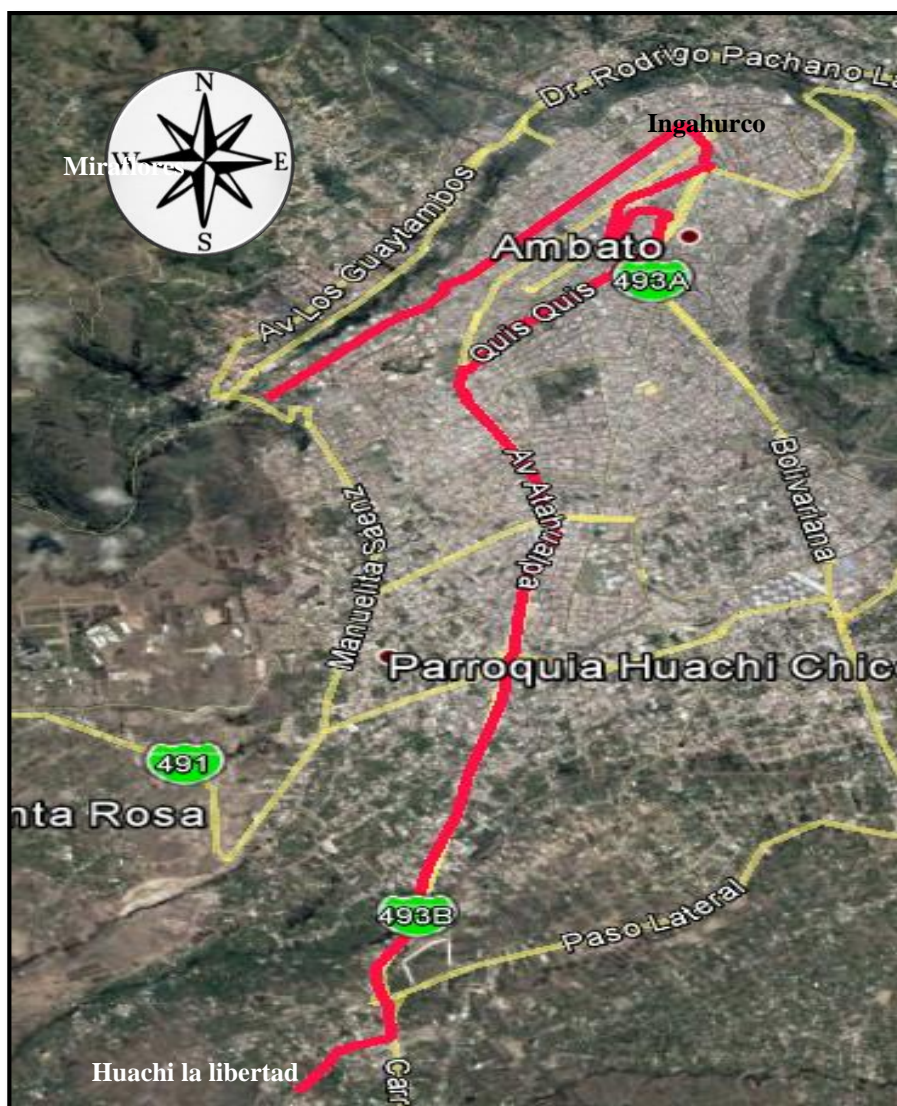
#### 4.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS Y RUTAS DE CADA COOPERATIVA

**Tabla 4. 6** Líneas de rutas y frecuencias autorizadas a cooperativa Tungurahua

<b>LÍNEAS, RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA TUNGURAHUA</b>							
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Velocidad media (km/h)</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Promedio Pasajeros en total Durante el viaje</b>	<b>N° Unidades</b>
1	La Libertad-Ingahurco-Miraflores y Viceversa. (Ramal calle Alaska-San Alfonso alternado - circuito)	39.5	38,7	01:41:14	77	72	21
2	Ficoa - Terremoto - Totoras y Viceversa, con ramales a Empalme y Luz de América.	38.2	32,1	02:32:18	41	88	19
3	Mercado Mayorista - Letamendi - Atocha - Constantino Fernández y viceversa (ramales la libertad – La Quigo - la esperanza alternado)	40.1	40,7	02:17:12	97	91	20
4	Montalvo - el Recreo y viceversa ( ramales a Luz de América y la esperanza)	50.4	32,4	01:25:13	101	66	18
5	Terminal Terrestre -Huachi el Progreso - Izamba y viceversa (ramales Quillán Bajo, Quillán Alto, Quillán Viña Loma )	49.6	62,7	02:12:11	104	62	29
6	Terminal Terrestre - barrio Solís - M. Mayorista - Augusto Martínez - Atahualpa y viceversa (Ruta alternado uno por Atocha y otro a Atahualpa)	48.7	63,4	01:49:55	92	80	26
7	Pucarumi - Cunchibamba -Tiagua sector Techo Propio	50.2	34,1	02:00:05	71	56	12
	<b>TOTAL</b>				583	515	145

Elaborado por: Leonardo Sánchez

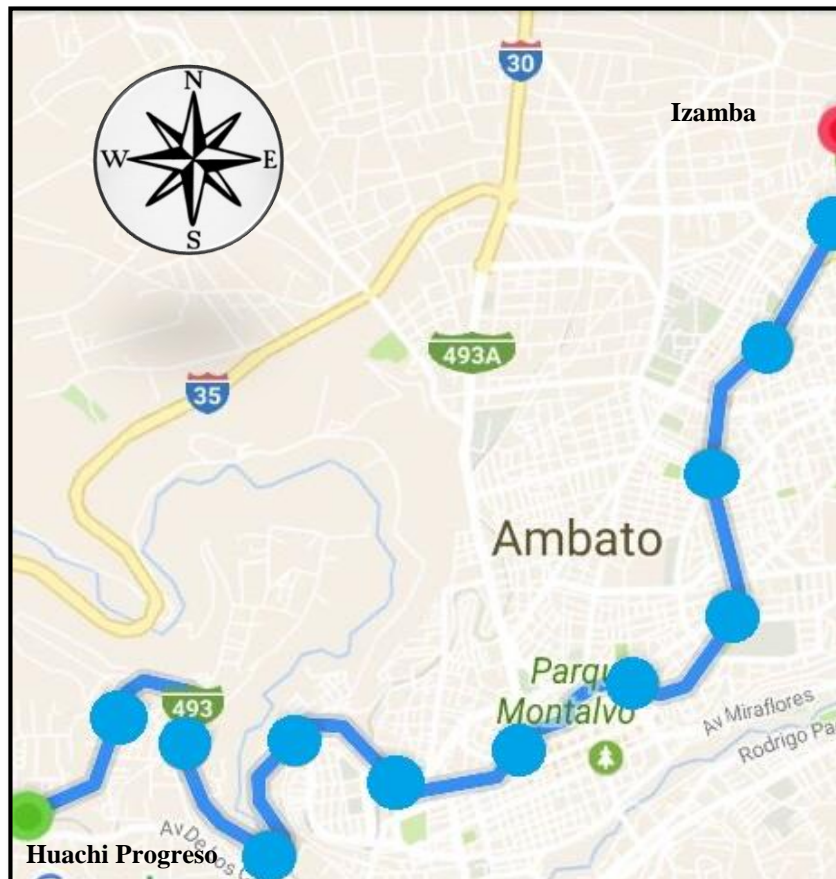
La Figura 4.1 muestra la trayectoria de la Línea 1 la libertad – Ingahurco. La salida se origina en Alaska y Carolina del sur hasta su intersección con la E35 luego continua su trayecto por la avenida Manuelita Saenz, Quis Quis, avenida el rey, avenida 12 de noviembre, avenida el rey, avenida de las americas y finalmente termina su recorrido en la calle Chile. Se reinicia el ciclo por la avenida de las americas, continua por la calle colombia seguido de la avenida de las americas hasta la avenida 2 de noviembre hasta la de abril, luego toma la avenida Atahualpa hasta la E5 y regresa a la esquina entre Alaska y Carolina del sur.



**Figura 4. 1** Línea 1 Libertad - Ingahurco

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

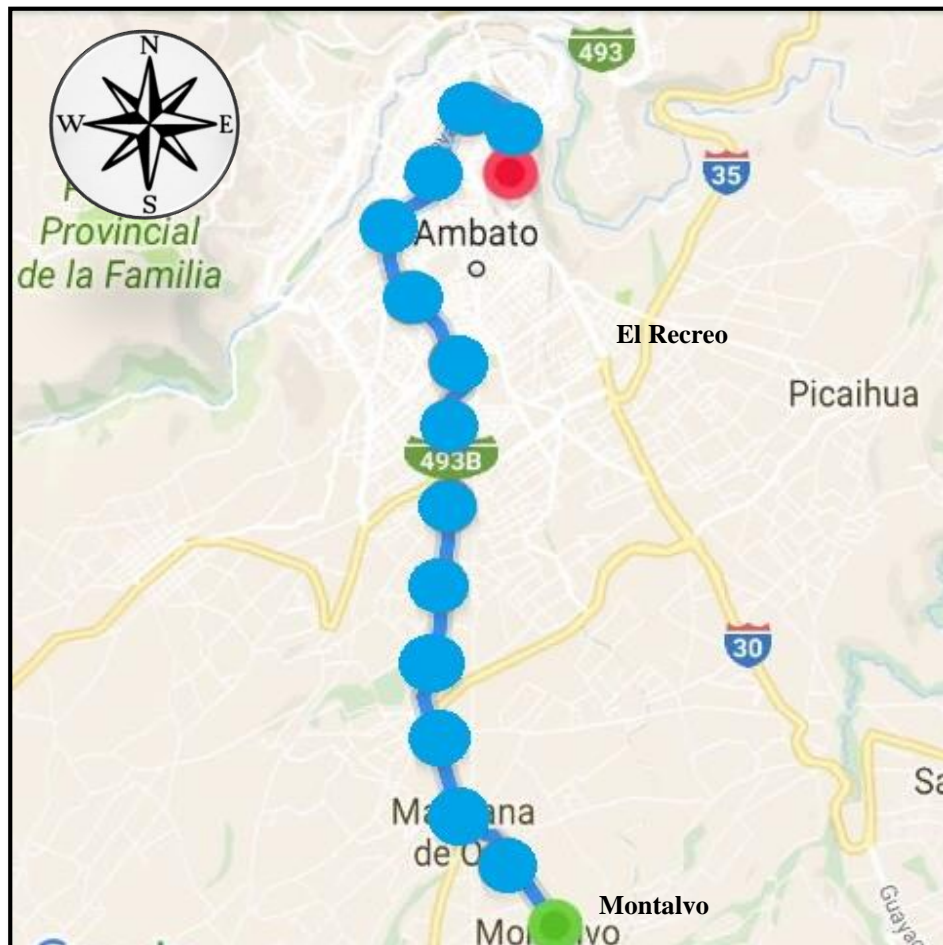
La Figura 4.2 muestra la trayectoria de la línea 5 Huachi el progreso –Izamba. Inicia su recorrido en la iglesia de Huachi el progreso por la avenida Antonio Neumane hasta la avenida Atahualpa, luego hasta la Quis Quis, continua por la carihuirazo hasta la avenida los andes, luego se conecta con la avenida 12 de noviembre hasta la avenida Indoamérica conectándose hasta la avenida Indoamérica, luego sigue por la Pedro Vascones hasta la intersección con la calle Gabriel Roman.



**Figura 4. 2** Línea 5 Huachi el progreso – Izamba

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

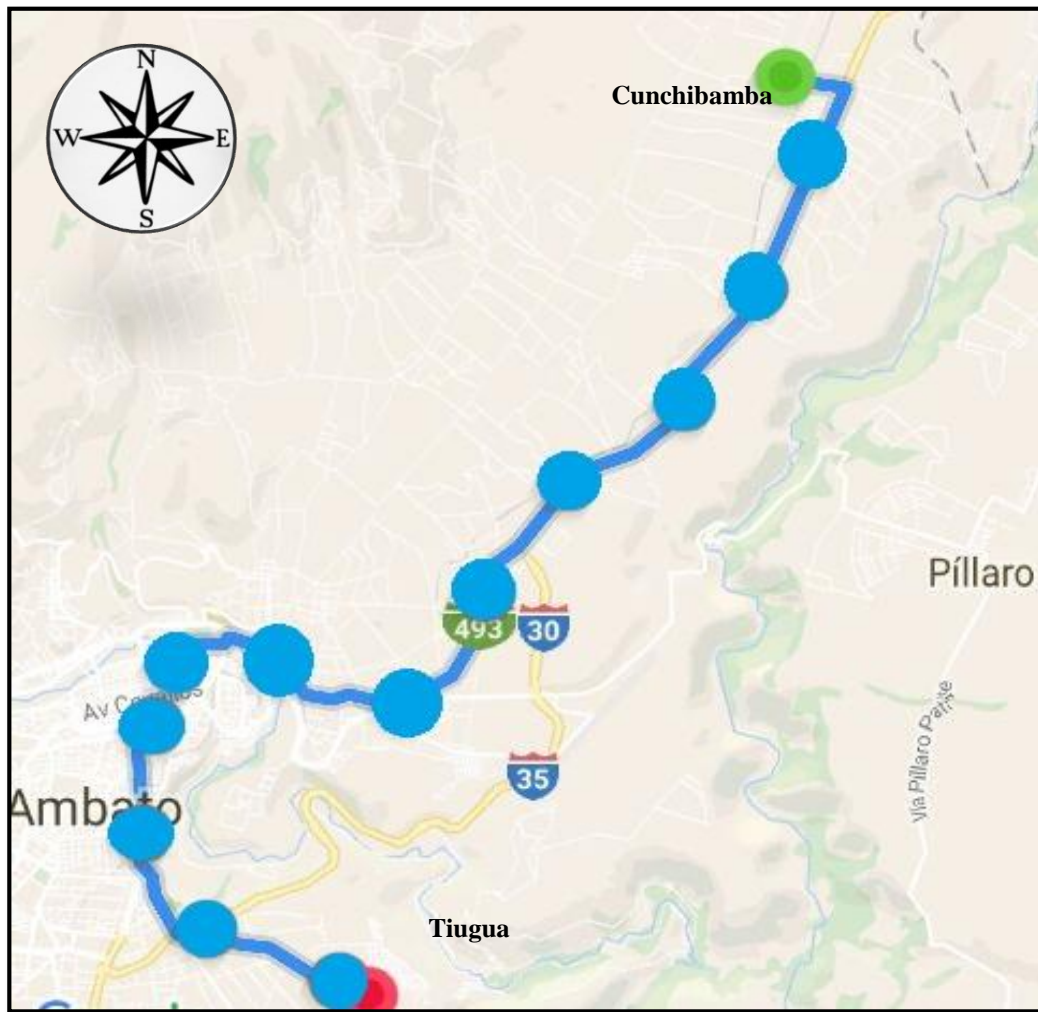
La Figura 4.3. muestra la línea Montalvo el recreo: inicia su recorrido en la parroquia Montalvo por la avenida principal hasta llegar a la ruta E35 sector manzana de oro, luego por la E35 hasta la avenida Atahualpa para luego conectarse con la calle 13 de abril, sigue por la avenida 12 de noviembre para conectarse con la avenida de las américas, luego toma la calle verdeloma hasta camino del rey, gira en la calle corazón por la Darwin



**Figura 4.3** Montalvo - el recreo

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.4 muestra la ruta que sigue un bus de la cooperativa Tungurahua: Inicia su recorrido en Tihua (sector techo propio) por la avenida Albert Einstein para luego conectarse por la Galo Vela Álvarez, continua su trayecto por la avenida bolivariana, gira en el sector de la Humberto Albornoz, continua por la avenida los andes, se conecta con la calle Carihuairazo, luego se une a la avenida los andes hasta la calle Vega y Cadena para luego continuar por la calle mera seguido para terminar su recorrido en la avenida 12 de noviembre.



**Figura 4. 4** Cunchibamba - Pucarumi -Tiugua (sector Techo propio)

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.5 muestra la trayectoria de la línea huachi chico – Atahualpa: Inicia su recorrido en el redondel de huachi chico, continua por la avenida Julio Jaramillo, gira en el redondel tomando la 10 de agosto se conecta con la avenida el condor hasta llegar a la avenida bolivariana, continua, llegar hasta avenida los andes, se conecta a la Carihuairazo, continua por la avenida los andes hasta llegar a la intersección con la avenida 12 de noviembre.



**Figura 4. 5** Redondel de Huachi Chico – Mercado Mayorista – Atahualpa

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

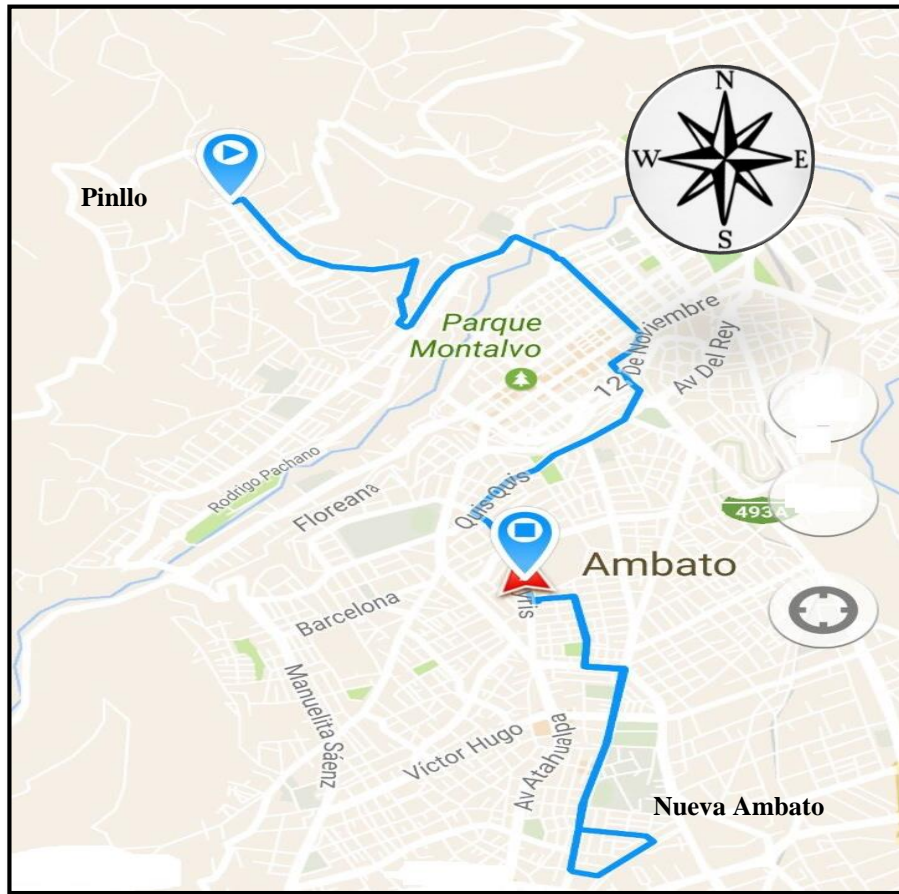
La Tabla 4.7 muestra las trayectorias en las cinco líneas que cubre la cooperativa de transporte unión Ambateña en las que se detalla la velocidad media recorrida durante su trayecto, la distancia entre el origen y su destino, la duración del viaje, el número de paradas establecidas el promedio total de pasajeros de pasajeros que sube a la unidad de transporte durante el viaje y el número de unidades habilitadas que cubre cada línea.



**Tabla 4. 7** Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Unión Ambateña

<b>LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA UNIÓN AMBATEÑA</b>							
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Velocidad media (km/h)</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Promedio de pasajeros en total Durante el viaje</b>	<b>N° Unidades</b>
1	Picaihua - Cdla España y viceversa, ramal 1 a Jardín Ambateño y ramal 2 Miñarica	45.8	26,5	00:50:15	58	84	16
2	Ficoa - Terremoto - Totoras y viceversa, con ramales a Empalme y Luz de América.	47.8	36	02:30:10	46	104	15
3	Pinllo - Nuevo Ambato y Viceversa	47.5	10,97	00:40:28	25	60	16
4	San Juan - Pisque - Barrio Amazonas - y Viceversa	50.1	36	01:30:10	65	80	15
5	La Joya -Cdla Militar - Parque Industrial y viceversa	50.7	37,5	01:45:00	74	77	25
	<b>TOTAL</b>				268	405	87

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

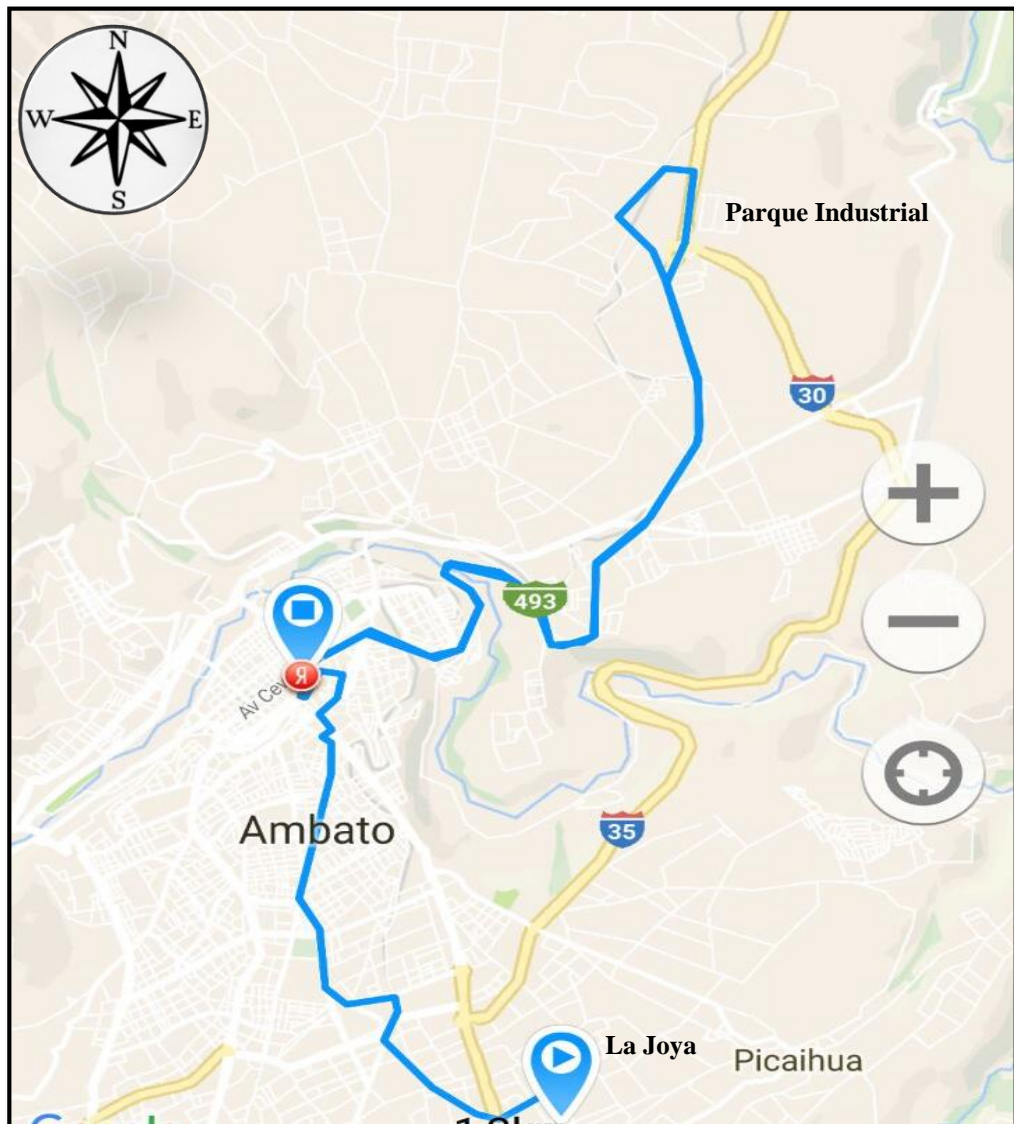


**Figura 4. 6** Ruta Línea 3 Pinllo - Nueva Ambato “Unión Ambateña”

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.6 muestra la trayectoria de recorrido de la línea nueva Ambato; su origen de partida lo realiza en el sector de la nueva Ambato en la esquina entre la avenida Miguel de Cervantes y rio Talantag, continua por la avenida los Chasquis hasta llegar al redondel de los bomberos en la intersección con la avenida los Atis y continua por la avenida Leonidas Plaza Gutierrez hasta la esquina en la intersección con Camilo Ponce Enriquez, continua hasta llegar hasta la calle Zopozopangui y luego toma la calle Chalco Maita y gira en Nari Pillahuazo hasta la avenida los shiris, continua hasta llegar a la intersección con la avenida Quis Quis, continua hasta conectarse con la avenida el rey, gira y toma la calle Carihuairazo hasta conectarse con la calle Cayambe y posterior con la avenida los Andes, continua hasta llegar a la calle Eugenio espejo, continua hasta llegara la Avenida Lizardo Ruiz, gira hacia su derecha y se conecta con la calle Humberto Albornoz, continua por el puente juan Leon Mera y gira hacia su izquierda por la avenida los Guaytambos hasta la intersección con la avenida

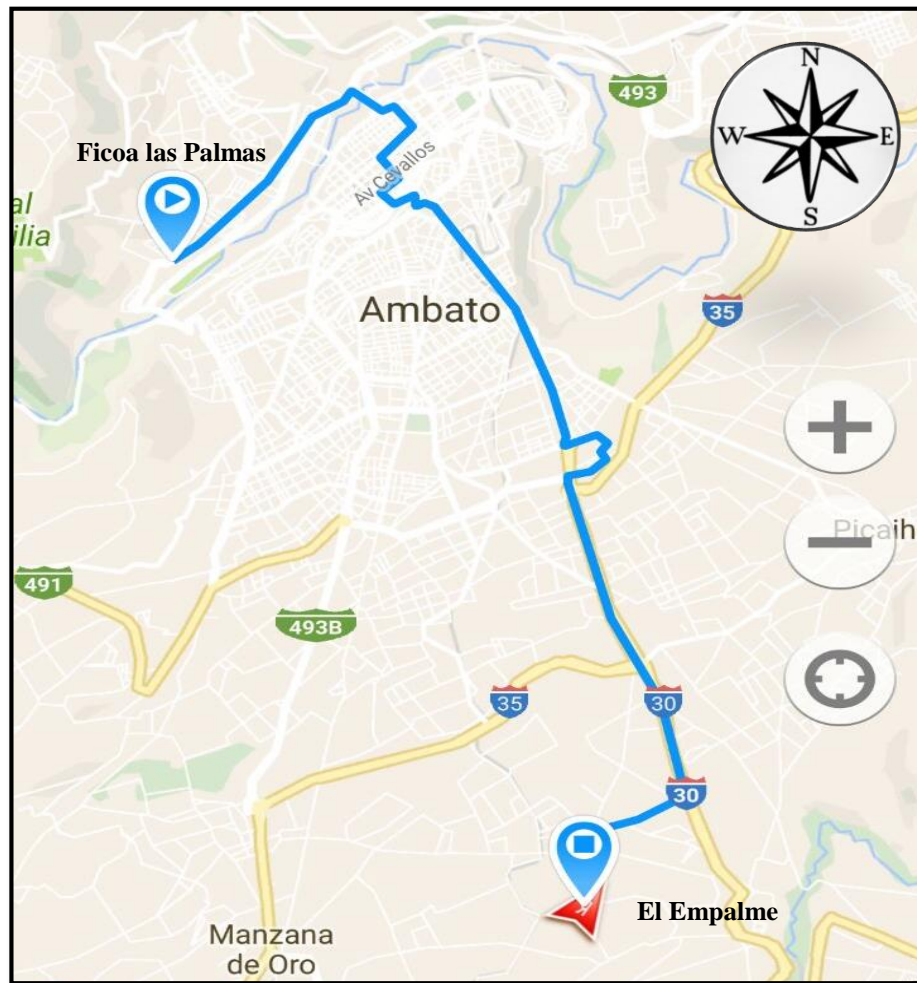
aguacollas, hasta la intersección con la vía Ambato Quisapincha, continua por la calle José María Maugeri y finaliza en la intersección en la calle periódico la nación.



**Figura 4.7** La joya - Parque Industrial - El Pisque

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.7 muestra la trayectoria de la ruta La joya – parque industrial: El origen de la partida se inicia en Santa cruz, continua por la avenida amable Ortiz, hasta el redondel de la avenida Julio Jaramillo, se conecta a la avenida tres carabelas hasta la avenida el cóndor, gira a la izquierda hasta conectarse con la avenida 10 de agosto, continua por la quis quis hasta conectarse con la avenida los chasquis.



**Figura 4. 8** Ficoa- El empalme

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

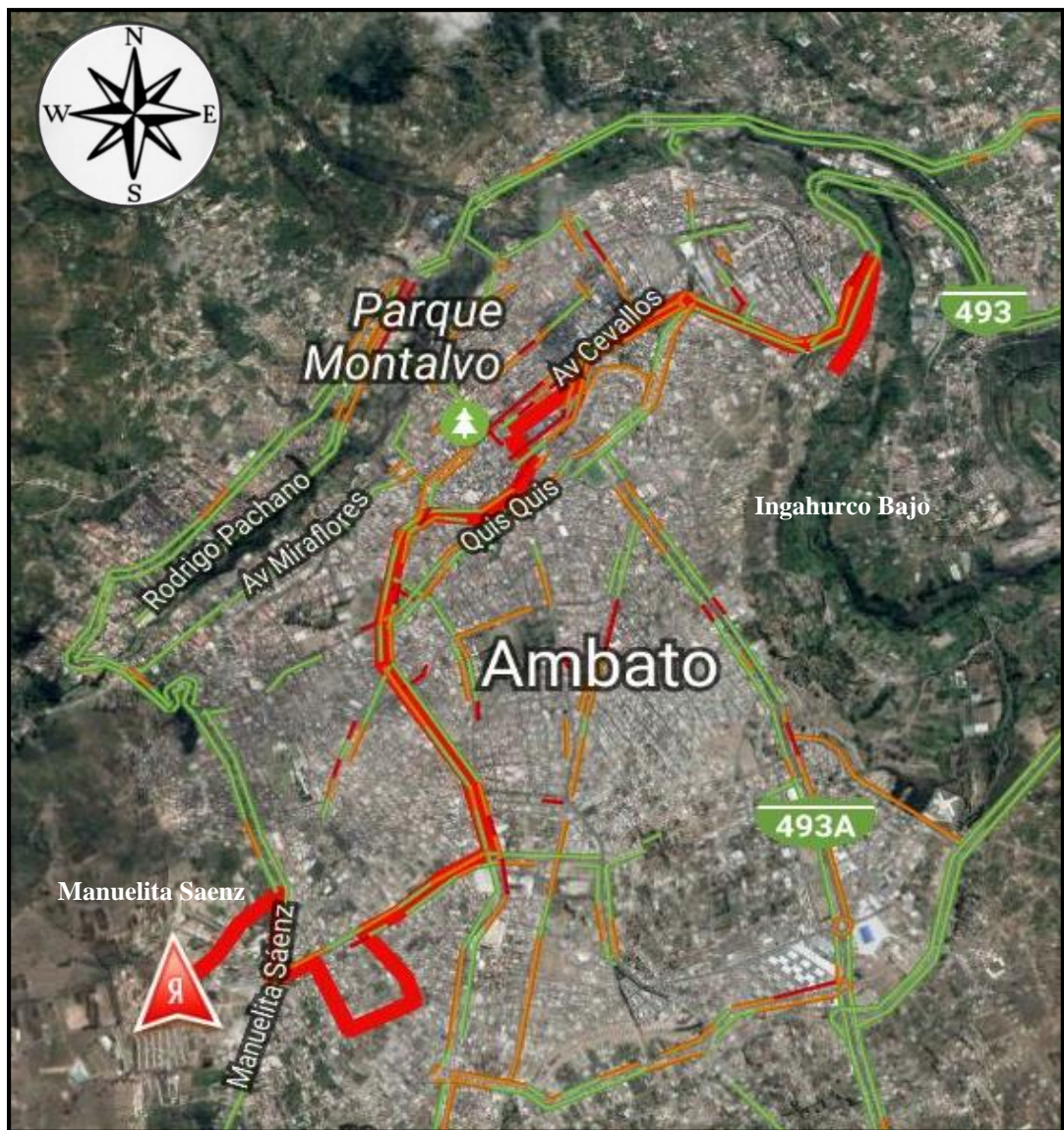
La Figura 4.8 muestra la trayectoria de recorrido de la línea el empalme - Ficoa; su partida la realiza en el empalme, continua por la vía a huachi totoras hasta conectar a la vía E30, gira a la izquierda y continua por la E30 hasta el redondel que conecta a la avenida bolivariana, continua hasta llegar a la avenida el rey, continua hasta llegar a calle carihuirazo, continua hasta conectarse a la calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua hasta llegar a la avenida Lizardo Ruiz, gira a la izquierda y se conecta a la Humberto Albornoz y continua por el puente Juan León Mera y gira a la izquierda y continua por la avenida los capulíes hasta la avenida Guaytambos, continua, y finaliza en la calle magnolias.



**Tabla 4. 8** Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Los Libertadores

<b>LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA LOS LIBERTADORES</b>							
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Velocidad media (km/h)</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Promedio de Pasajeros Mensual</b>	<b>N° Unidades</b>
1	Seminario Mayor - Ingahurco Bajo y viceversa	48.5	37,5	01:27:12	55	70	11
2	La Florida - 4 Esquinas - Cashapamba y viceversa	47.7	26,7	01:25:17	58	68	22
3	Tangaiche - Shuyurco - Macasto - Pondoá y viceversa	49.1	37,5	01:22:10	73	80	10
4	La Península - Orquideas y viceversa	48.9	38,1	01:29:55	70	74	11
5	Techo Propio - Mercado América - Andiglata y viceversa	47.2	37,4	01:37:37	57	82	11
					313	374	65

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

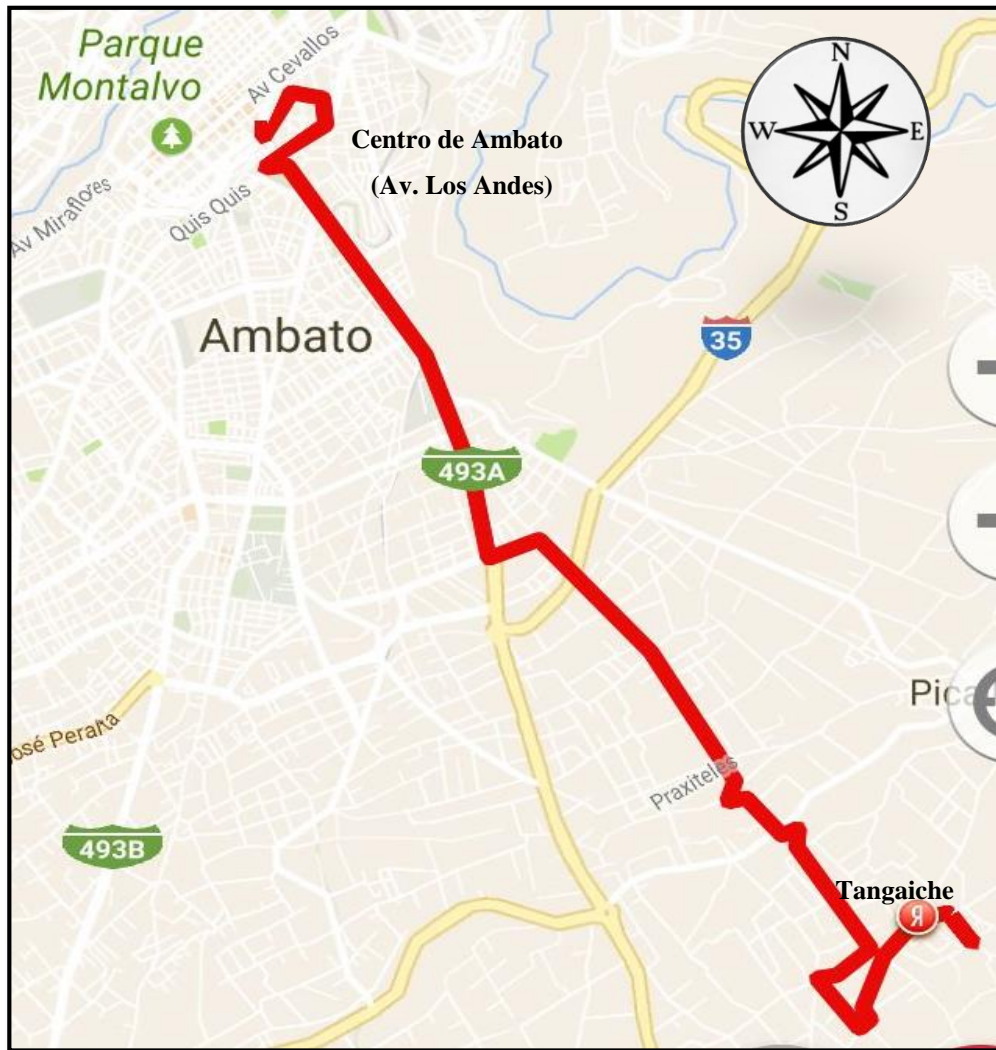


**Figura 4. 9** Ruta Línea 1 seminario mayor – Ingahurco bajo y viceversa “Los Libertadores”

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.9 muestra la trayectoria de recorrido seminario mayor- Ingahurco bajo; su partida inicio la realiza en la avenida Antonio Clavijo y moseñor Bernardino, continua hasta llegar a la avenida Manuelita Saenz gira a la izquierda hasta conectarse con la avenida Victor Hugo, continua hasta llegar conectarse con la calle Luis Alberto Alvarado, continua hasta llegar hasta Miguel de Cervantes, continua, gira a la izquierda hasta conectarse con la avenida Jácome Clavijo, gira a la izqueirda, continua hasta conectarse con la avenida Victor Hugo, gira a la derecha, continua hasta llegar a la avenida Atahualpa, continua por la avenida Atahualpa hasta la esquina con la quis quis, gira a la derecha y continua hasta llegar a la avenida los Andes, continua hasta

intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, gira a la derecha por avenida 12 de noviembre, continua hasta avenida de las américas, continua hasta intersección via a quillan, continua por via a quillan hasta intersección con calle Portugal, finaliza en intersección en calle Polonia.



**Figura 4. 10** Ruta línea 3 Tangaiche-centro de Ambato

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.10 muestra la trayectoria de recorrido Tangaiche- Ambato Centro; su partida la inicia en Tangaiche, continua por Benjamin Franklin hasta intersección con avenida Alberth Einstein, continua hasta intersección con avenida Galo Vela Álvarez,



gira a la derecha, continua por avenida Galo Vela Álvarez hasta intersección con avenida bolivarina, gira a la derecha, continua hasta avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua calle Vega y Cadena hasta intersección con calle Mera, gira la derecha y finaliza en avenida 12 de noviembre.

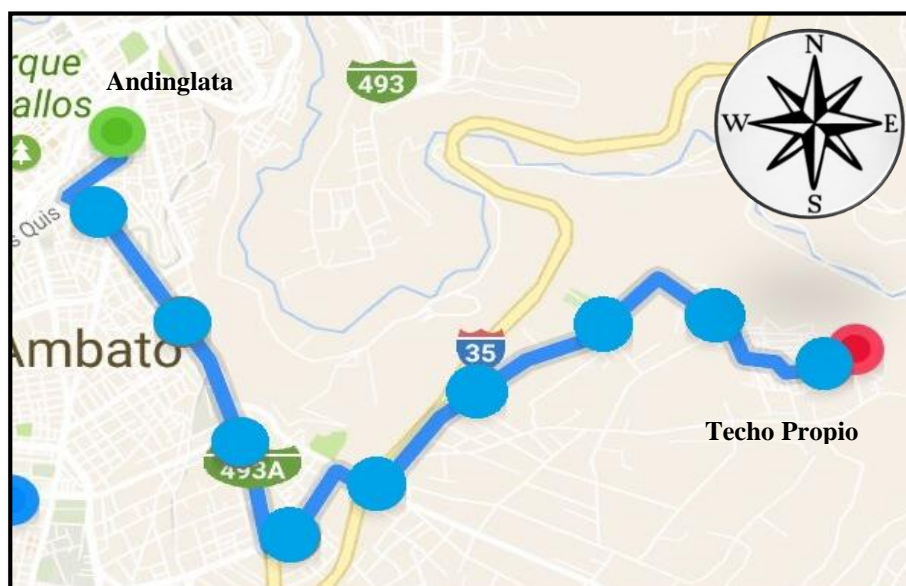


**Figura 4. 11** Ruta Línea 4 La península – orquídeas y viceversa “Los Libertadores”

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.11 muestra la trayectoria de la ruta la península – orquídeas: El origen de la partida se inicia en intersección entre calle Jackes Offenback y Jorge Luis Borges,

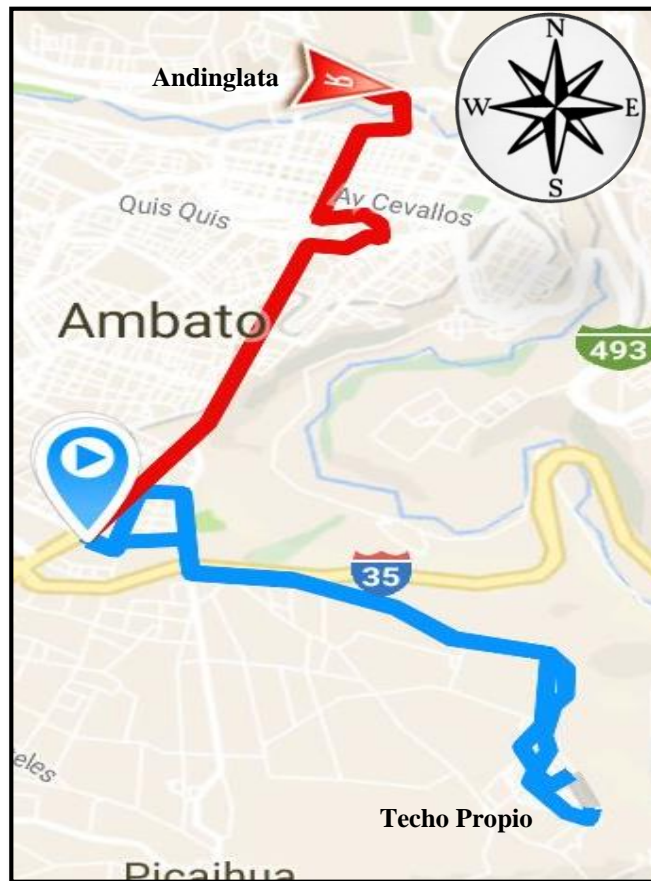
continua por Jorge Luis Borges hasta avenida Alberth Einstein, continua hasta intersección con avenida Galo Vela Álvarez, gira a la derecha, continua por avenida Galo Vela Álvarez hasta intersección con avenida bolivariana, gira a la derecha, continua hasta avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua calle Vega y Cadena hasta intersección con calle Mera, gira la derecha y finaliza en avenida 12 de noviembre.



**Figura 4. 12** Ruta Línea 5 Techo Propio – Mercado América – Andinglata “Los Libertadores”

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.12 muestra la trayectoria de la ruta techo propio – andinglata: El origen de la partida se inicia en intersección entre calle Jackes Offenback y Jorge Luis Borges, continua por Jorge Luis Borges hasta avenida Alberth Einstein, continua hasta intersección con avenida Galo Vela Álvarez, gira a la derecha, continua por avenida Galo Vela Álvarez hasta intersección con avenida bolivariana, gira a la derecha, continua hasta avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua calle Vega y Cadena hasta intersección con calle Mera, gira la derecha y finaliza en avenida 12 de noviembre.



**Figura 4. 13** Ruta línea 5 Techo propio - Andinglata

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.13 muestra la trayectoria de la ruta techo propio – andinglata: El origen de la partida se inicia en intersección entre calle Jackes Offenback y Jorge Luis Borges, continua por Jorge Luis Borges hasta avenida Alberth Einstein, continua hasta intersección con avenida Galo Vela Álvarez, gira a la derecha, continua por avenida Galo Vela Álvarez hasta intersección con avenida bolivarina, gira a la derecha, continua hasta avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua calle Vega y Cadena hasta intersección con calle Mera, gira la derecha, continua por avenida 12 de noviembre hasta intersección por avenida unida nacional, continua hasta avenida Pasteur y finaliza en intersección con avenida Dr Julio Enrique.

**Tabla 4. 9** Líneas rutas y frecuencias autorizadas a Cooperativa Jerpazsol

<b>LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA JERPAZSOL</b>							
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Velocidad media (km/h)</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Pasajeros en total Durante el viaje</b>	<b>N° Unidades</b>
1	Los Ángeles - Izamba - y viceversa (ramal)	45.2	34,7	01:33:28	60	86	27
2	Manzana de Oro - Huachi Grande - Puerto Arturo y viceversa (ramales)	48.7	42,7	01:50:58	86	72	28
	<b>Total</b>				<b>146</b>	<b>158</b>	<b>55</b>

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

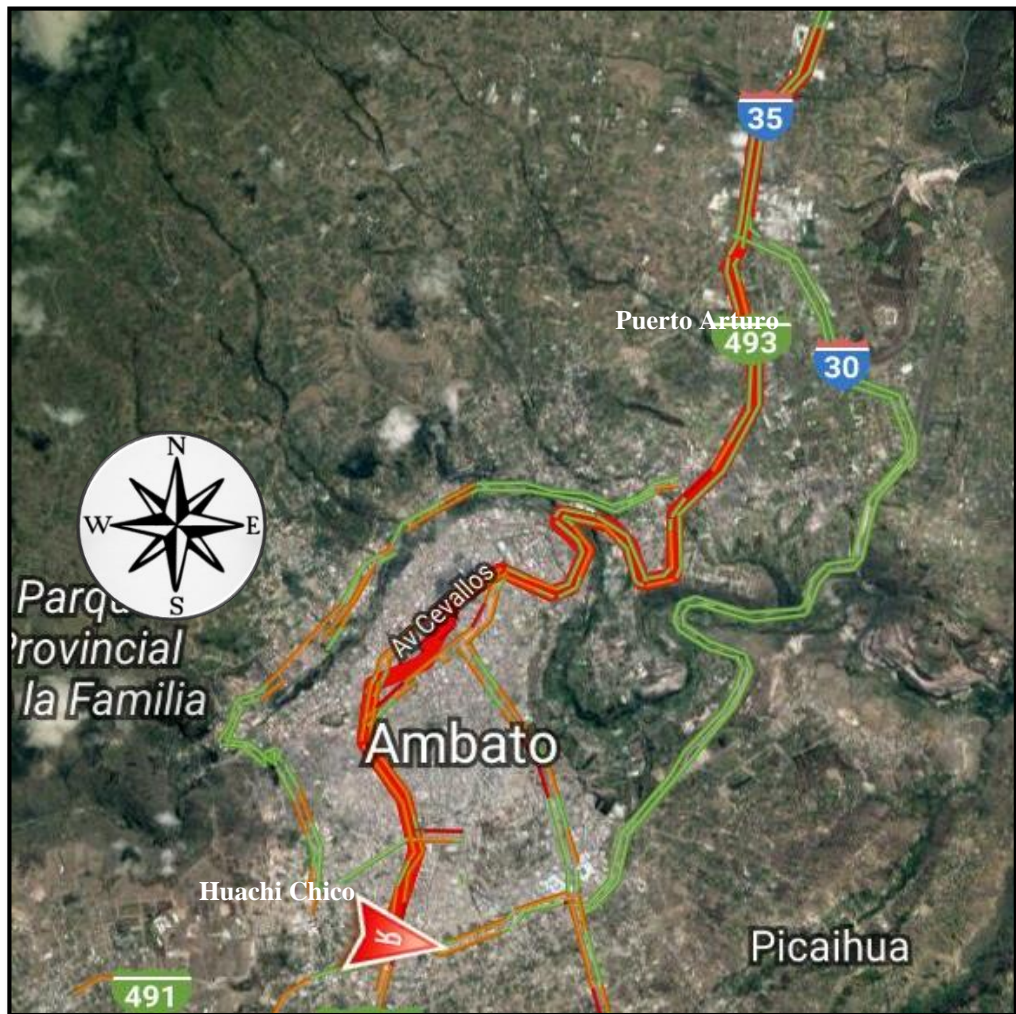


**Figura 4. 14** Línea 1 Los ángeles- La magdalena - san Isidro -Izamba

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.14 muestra la trayectoria de la ruta los angeles – la Magdalena san Isidro Izamba: Inicia en la Magdalena continua por avenida Manuela Saenz hasta intersección con E91, gira a la derecha por José peralta, gira a la izquierda y continua por avenida Manuela Saenz hasta intersección con Antonio Machado, gira a la derecha, continua por calle Antonio Machado hasta intersección con avenida Garcia Lorca, gira a la izquierda, continua por Garcia Lorca hasta intersección avenida quis quis continua hasta intersección con avenida los andes, continua por avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, continua hasta avenida Lizardo Ruiz, gira a la izquierda hasta intersección con calle la delicia, continua hasta intersección con mirables, continua por

mirabeles hasta avenida Rodrigo Pachano, gira la derecha por avenida los capulíes hasta Dr. Rodrigo Pachano, continua hasta intersección Pedro Vascones, continua hasta intersección con Carlos Riera, gira a la derecha, continua por Carlos Riera por Carlos Riera y finaliza en intersección con Alfonso Troya.



**Figura 4. 15** Línea 2 Jerpazsol Puerto Arturo - Huachi chico

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 4.15 muestra la trayectoria de la ruta puerto Arturo– huachi progreso: inicia su partida en calle Atahualpa Villacres, gira a la derecha por avenida José Peralta hasta intersección con avenida Atahualpa, continua por la avenida Atahualpa hasta intersección con avenida quis quis, gira a la derecha y continua hasta llegar a la avenida los Andes, continua hasta intersección con calle Carihuairazo, continua hasta

intersección con calle Cayambe, continua hasta conectarse a la avista los andes, gira a la izquierda y continua hasta la avenida espejo, gira a la derecha por avenida 12 de noviembre, continua hasta avenida de las américas, continua por avenida Indoamérica, continua hasta E35 (panamericana norte), continua, gira a la izquierda y finaliza en estadio de puerto Arturo.

#### 4.1.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA ENCUESTA

El total que cubre cada una de las plataformas y zonas en promedio asciende a 33000 pasajeros, con lo cual se trabaja con una muestra de 380 personas (ver Tabla 3.3), esto dentro del recinto urbano

##### **Objetivo:**

El objetivo de la encuesta es medir el nivel de satisfacción por parte de 20 usuarios en las 19 líneas o rutas, junto con el nivel de aceptación que tendría el desarrollo de un transporte urbano electrificado.

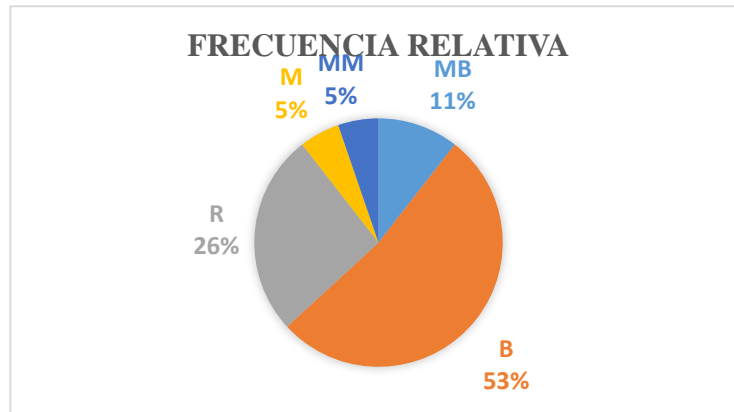
##### **Pregunta 1**

1.-Se mide el nivel de satisfacción con la escala de: Muy Bueno (MB), Bueno (B), Regular (R), Malo (M), Muy Malo (MM) ¿Se siente usted conforme con el nivel de servicio que le ofrece la unidad de transporte?

**Tabla 4. 10** Frecuencias del nivel de satisfacción en respuesta a la pregunta

<b>Alternativas</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa %</b>
<b>MB</b>	40	11%
<b>B</b>	200	53%
<b>R</b>	100	26%
<b>M</b>	20	5%
<b>MM</b>	20	5%
<b>Total</b>	380	100%

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 16** Diagrama de Pastel como resultado a la pregunta 1

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### Análisis

La Tabla 4.10 muestra en primer lugar con un 53% que el nivel de satisfacción es bueno, en segundo lugar, con un 26% que es regular, en tercer lugar, con el 11% que el servicio es muy bueno, en cuarto lugar, con un 5% que el nivel de satisfacción es malo y muy mala

### Interpretación

El nivel de satisfacción que perciben los usuarios al tomar el transporte público, es considerado bueno, esto debido a que no se sienten en su totalidad satisfechos debido a factores como paradas adecuadas, y buen trato a los pasajeros

### Pregunta 2

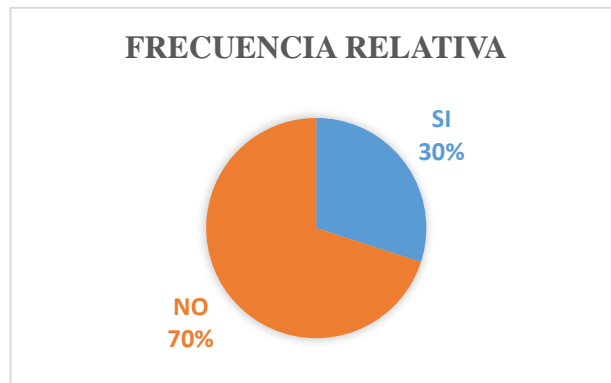
2.-Se mide el nivel de seguridad con la siguiente pregunta. ¿Se siente usted seguro dentro de la unidad de transporte?

**Tabla 4. 11** Frecuencias del nivel de seguridad en respuesta a la pregunta 2

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
SI	114	30%
NO	266	70%
TOTAL	380	100%



**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 17** Diagrama de pastel para el nivel de seguridad como respuesta a la pregunta 2

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

La Tabla 4.6 muestra un 70 % el cual considera que los usuarios que toman el transporte público no se encuentra seguro dentro de la unidad y un 30% que considera que se encuentra seguro.

### **Interpretación**

Los usuarios que toman el transporte público no se encuentran seguros dentro de la unidad, esto debido a que estos van llenos de pasajeros en su totalidad lo que provoca que sean víctimas de robo de sus pertenencias.

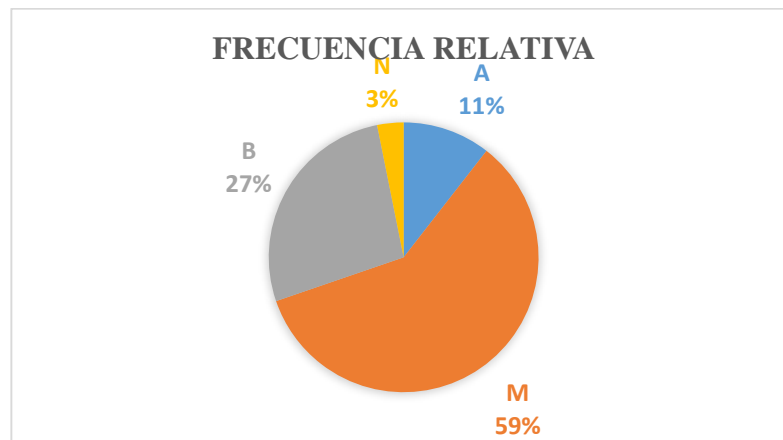
### **Pregunta 3**

3.- Se medirá el nivel de confort acústico donde: alta A, media M, baja B, Ninguna.  
¿Cómo percibe usted el nivel de confort acústico dentro de la unidad?

**Tabla 4. 12** Frecuencias del nivel acústico como respuesta a la pregunta 3

<b>Alternativas</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa %</b>
A	40	11%
M	225	59%
B	103	27%
N	12	3%
<b>Total</b>	<b>380</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 18** Diagrama de pastel como resultado del nivel de confort acústico como respuesta a la pregunta 3

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

Los resultados de la Tabla 4.8 muestran que los usuarios de las unidades de transporte público perciben el confort acústico como medio un 59%. seguido de un 27% que considera que es baja, con un 11% que considera que es alto y un 3% que considera que ningún ruido afecta.

### **Interpretación**

La presión sonora externa tales como los pitos y ruido de los vehículos causa estrés a los ocupantes, por tal razón la percepción de los usuarios que toman el transporte público respecto al confort acústico es considerada principalmente como media, los efectos por la exposición prolongada a ruidos excesivos causan problemas de hipoacusia.

### **Pregunta 4**

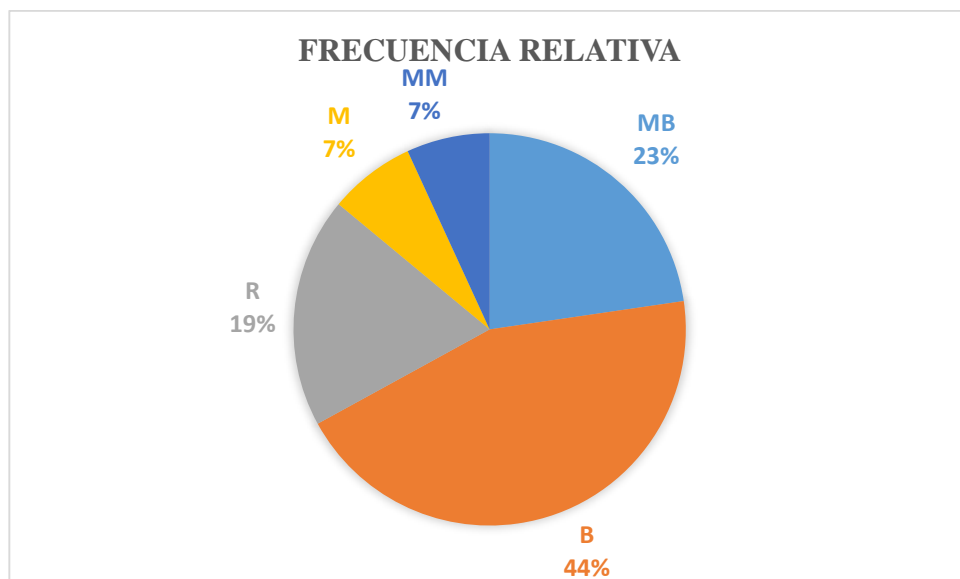
4.-Se mide el nivel de satisfacción de la ruta que sigue la unidad de transporte con la escala de: Muy Bueno (MB) la ruta es la adecuada, Bueno (B) la ruta es adecuada pero no satisface, Regular (R) La ruta podría mejorar, Malo (M) La ruta no cubre las

expectativas, Muy Malo (MM) No es la adecuada. ¿Se siente usted satisfecho con el recorrido que realiza la unidad de transporte?

**Tabla 4. 13** Frecuencias del nivel de satisfacción de ruta que sigue una unidad de transporte como respuesta a la pregunta 4

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa
MB	87	23%
B	168	44%
R	72	19%
M	27	7%
MM	26	7%
<b>Total</b>	380	100%

Elaborado por: Leonardo Sánchez



**Figura 4. 19** Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción de ruta como respuesta a la pregunta 4

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### Análisis

De acuerdo a los valores obtenidos en la Tabla 4.9, el nivel de satisfacción de ruta que perciben los usuarios es bueno con un 44% en primer lugar, en segundo lugar, con un 23% considera que es muy buena, en tercer lugar, con un 19% considera que es regular y en cuarto lugar con 7% considera que es mala y muy mala.

## Interpretación

Los usuarios no se sienten satisfechos en su totalidad debido a que las rutas que cubren las unidades de transporte público en las diferentes plataformas y zonas de la ciudad no son las adecuadas debido a que no abastecen la demanda solicitada.

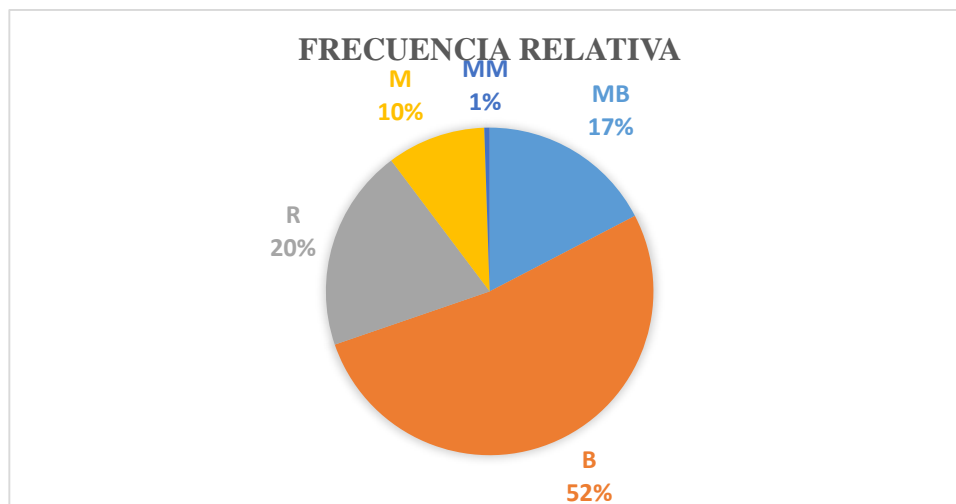
## Pregunta 5

5.-Se mide el nivel de satisfacción de frecuencia de pasada por una parada establecida con la escala de: Muy Bueno (MB) pasa en el tiempo exacto menor o igual a 5min; Bueno (B) mayor a 5 minutos, pero menor a 10 minutos; Regular (R) mayor a 10 minutos, pero menos a 15 minutos; Malo (M) mayor a 15 minutos, pero menor a 20 minutos; Muy Malo (MM) mayor a 20 minutos. ¿Se siente usted satisfecho con la frecuencia con la que una unidad de transporte de la cooperativa pasa por la parada?

**Tabla 4. 14** Nivel de satisfacción de frecuencia de pasada de una unidad de transporte por parada establecida como respuesta a la pregunta 5

<b>Alternativas</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
<b>MB</b>	66	17%
<b>B</b>	199	52%
<b>R</b>	76	20%
<b>M</b>	37	10%
<b>MM</b>	2	1%
<b>Total</b>	380	100%

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 20** Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción de frecuencia de pasada por parada establecida como respuesta a la pregunta 5

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

De la Tabla 4.14 se obtuvieron los valores respecto al nivel de satisfacción de frecuencia, en primer lugar, el 52% considera que es buena, en segundo lugar, con el 20% considera que es regular, en tercer lugar, con el 17% es muy buena, en cuarto lugar, con el 10% es mala y con un 1% es muy mala.

### **Interpretación**

La frecuencia de los buses no es la adecuada ya que los usuarios esperan más allá del tiempo límite estimado por línea de transporte, lo que ocasiona demoras en los tiempos de desplazamiento y molestias en los usuarios.

### **Pregunta 6**

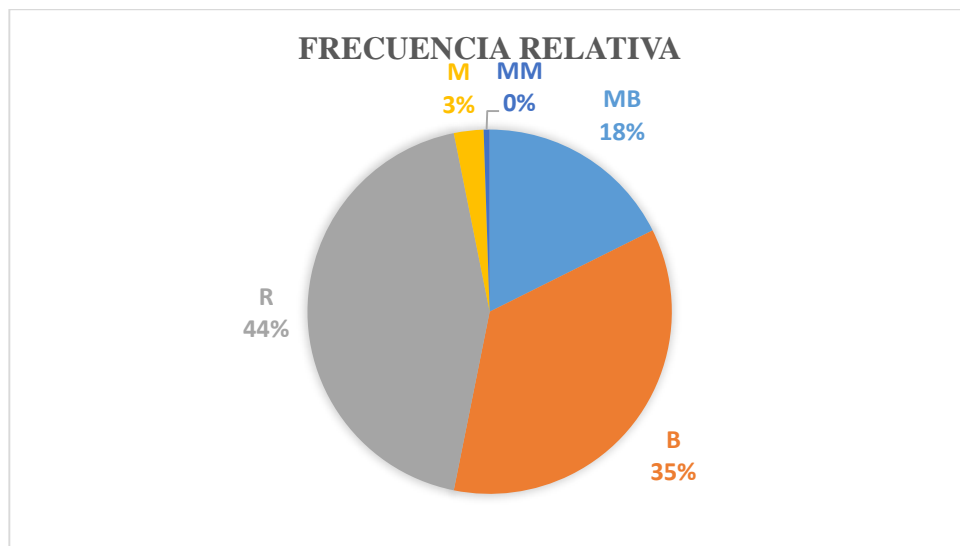
6.-Se mide el nivel de satisfacción con el que una unidad de transporte realiza la parada con la escala de: Muy Bueno (MB) para en las paradas asignadas seguidamente, Bueno (B) para de vez en cuando, Regular (R) No para muy seguido en la parada, Malo (M) no para en las paradas establecidas, Muy Malo (MM) nunca para en las paradas

establecidas. ¿Se siente usted satisfecho con el que una unidad de transporte de la cooperativa realiza las paradas?

**Tabla 4. 15** Frecuencia del nivel de satisfacción con el que una unidad para frecuentemente como respuesta a la pregunta 6

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa
MB	67	18%
B	135	36%
R	166	44%
M	10	3%
MM	2	1%
<b>Total</b>	<b>380</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 21** Diagrama de pastel para el nivel de satisfacción con el que una unidad realiza una parada frecuentemente como respuesta a la pregunta 6

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### Análisis

De acuerdo a la Tabla 4.15 el nivel de satisfacción que aprecia el usuario con respecto a las paradas que realiza la unidad en su trayecto tenemos en primer lugar con un 44% considera que es regular, en segundo lugar, con un 35% estima que es buena, en tercer

lugar, con un 18% considera que es muy buena, un 3% opina que es mala y un 1% estima que es muy mala.

### Interpretación

Los buses urbanos no realizan las paradas en los sitios establecidos por la dirección de tránsito y movilidad, y al tenerlas estas se encuentran ocupadas por vehículos particulares provocando que los usuarios realicen las paradas en sitios no establecidos.

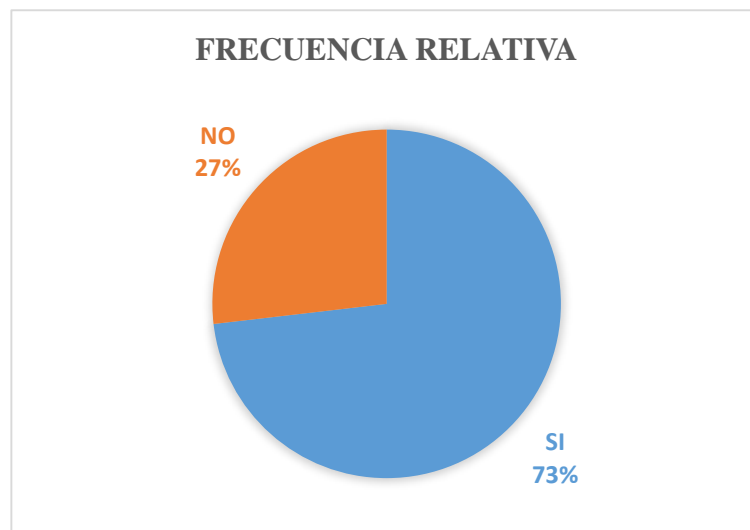
### Pregunta 7

7.- ¿Cree usted que sea necesaria un solo carril exclusivo para los buses urbanos?

**Tabla 4. 16** Frecuencia de necesidad de un carril exclusivo para buses como respuesta a la pregunta 7

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
SI	278	73%
NO	102	27%
TOTAL	380	100%

Elaborado por: Leonardo Sánchez



**Figura 4. 22** Diagrama de pastel para la necesidad de un carril exclusivo para buses como respuesta a la pregunta 7

Elaborado por: Leonardo Sánchez

## Análisis

La Tabla 4.16 muestra una clara aceptación del sí con un 73% y el no con un 27% en la aceptación de un carril exclusivo del bus urbano

## Interpretación

Los usuarios del transporte urbano de la ciudad de Ambato tienen una clara necesidad de un carril exclusivo para buses urbanos ya que al no tenerla estos se retrasan en su trayecto, realizan paradas innecesarias e invaden carril de un momento a otro.

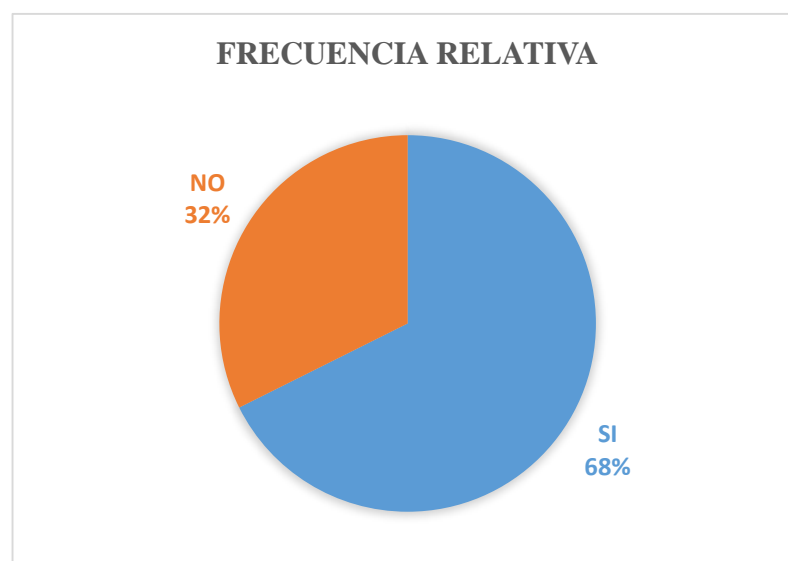
## Pregunta 8

8.- ¿Cree usted que sería necesario mejorar la estación de parada de los usuarios para tomar el bus?

**Tabla 4. 17** Frecuencia de necesidad de mejorar las paradas de los buses en respuesta a la pregunta 8

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
SI	257	68%
NO	123	32%
TOTAL	380	100%

Elaborado por: Leonardo Sánchez





**Figura 4. 23** Diagrama de pastel como necesidad de mejorar las paradas de los buses en respuesta a la pregunta 8

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

Los resultados de la pregunta 8 se muestran en la Tabla 4.17 con un 68% del SI, el cual requiere una mejora en el cambio de paradas y un 32% que considera que NO es necesaria el cambio de paradas

### **Interpretación**

Los usuarios de las unidades de transporte público-urbano requieren un cambio en la estructura y aspectos físicos de las paradas tales como asientos, al no tenerlas los usuarios se ven afectados por el clima.

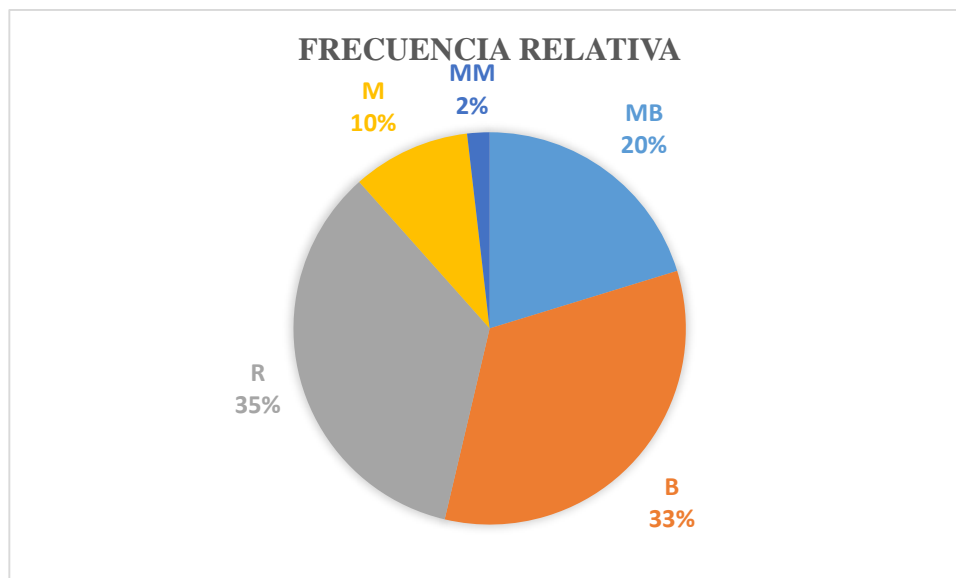
### **Pregunta 9**

9.-Como usuario de este medio de transporte público cómo calificaría usted a esta unidad, con la escala de: Muy Bueno (MB) tiene todo lo necesario, Bueno (B) tiene lo necesario, pero no es suficiente, Regular (R) tiene solo lo necesario, Malo (M) El servicio no tiene lo necesario, Muy Malo (MM) No es la adecuada.

**Tabla 4. 18** Frecuencia para el nivel de calificación del transporte público como respuesta a la pregunta 9

<b>Alternativas</b>	<b>Frecuencia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
<b>MB</b>	77	20%
<b>B</b>	127	33%
<b>R</b>	132	35%
<b>M</b>	37	10%
<b>MM</b>	7	2%
<b>Total</b>	380	100%

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 24** Diagrama de pastel como calificación al medio de transporte

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

Los resultados de la pregunta 9 se muestran en la Tabla 4.18, el cual califica en primer lugar como regular con un 35%, en segundo lugar, con un 33% que es buena, en tercer lugar, con un 20% que es muy buena, con un 10% considera que es mala y con un 2% que es muy mala.

### **Interpretación**

El transporte público es calificado como regular debido a que aún faltan algunas cosas por mejorar, tales como como buen servicio y atención; paradas y avisos de rutas que siguen las unidades

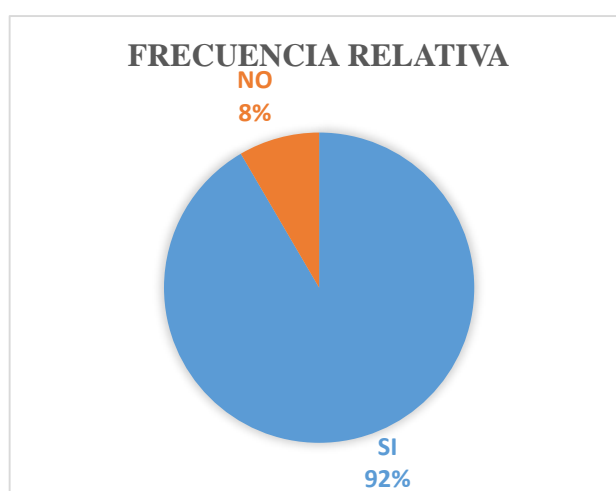
### **Pregunta 10**

10.-Sabía usted que el transporte eléctrico es menos ruidoso, no contamina el aire y solo realiza las paradas en los lugares establecidos y siguiendo solamente la ruta establecida para este tipo de transporte sin que nadie invada su carril. Al conocer estas ventajas del transporte electrificado. ¿Usted usaría este medio de transporte?

**Tabla 4. 19** Frecuencia en la que una persona usaría un medio de transporte electrificado en respuesta a la pregunta 10

Alternativas	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
SI	348	92%
NO	32	8%
TOTAL	380	100%

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez



**Figura 4. 25** Diagrama de pastel en respuesta a la pregunta 10

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis**

Los resultados de la pregunta 10 se muestran en la Tabla 4.19, en la cual se obtiene con un 92% que “SI” usaría este medio de transporte frente a un 8% que indica que “NO” usaría este medio de transporte

### **Interpretación**

La necesidad de un transporte electrificado en la ciudad de Ambato se ve necesario, esto en respuesta las ventajas que ofrece este medio de transporte y de esta mejorar la velocidad de transferencia de pasajeros y la disminución del tiempo de recorrido de un punto a otro

#### 4.1.4 TRAZADO DE RUTAS PARA LÍNEAS DE TRANSPORTE

Para determinar la ruta óptima, se trazaron todas las rutas en un solo grafo permitiendo así apreciar visual la zona de afluencia y concentración de tráfico. ver Figura 4.26.

#### 4.1.5 IDENTIFICACIÓN DE FRECUENCIAS POR LÍNEAS

Para identificar la frecuencia normal con la que salen los buses, el número de pasajeros, número de paradas, junto con el tiempo de duración por parada en una hora se identifica los horarios respectivos normal y pico de acuerdo a los contratos de operación del POT. (ver Tabla 4.20).

**Tabla 4. 20** Horarios normal y pico de movilización de buses urbanos

<b>HORARIOS PICO Y NORMALES DE CIRCULACIÓN</b>					
<b>Unidades</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>	<b>Tiempo 4</b>	<b>Tiempo 5</b>
1	06:00:00	09:00:00	12:18:00	15:30:00	18:42:00
2	06:08:00	09:10:00	12:26:00	15:40:00	18:50:00
3	06:16:00	09:20:00	12:34:00	15:50:00	18:58:00
4	06:24:00	09:30:00	12:42:00	16:00:00	19:06:00
5	06:32:00	09:40:00	12:50:00	16:10:00	19:15:00
6	06:40:00	09:50:00	12:58:00	16:20:00	19:30:00
7	06:48:00	10:00:00	13:06:00	16:30:00	19:45:00
8	06:56:00	10:10:00	13:14:00	16:40:00	20:00:00
9	07:04:00	10:20:00	13:22:00	16:50:00	
10	07:12:00	10:30:00	13:30:00	17:00:00	
11	07:20:00	10:40:00	13:40:00	17:10:00	
12	07:28:00	10:50:00	13:50:00	17:20:00	
13	07:36:00	11:00:00	14:00:00	17:30:00	
14	07:44:00	11:10:00	14:10:00	17:38:00	
15	07:50:00	11:20:00	14:20:00	17:46:00	
16	08:00:00	11:30:00	14:30:00	17:54:00	
17	08:10:00	11:38:00	14:40:00	18:02:00	
18	08:20:00	11:46:00	14:50:00	18:10:00	
19	08:30:00	11:54:00	15:00:00	18:18:00	
20	08:40:00	12:02:00	15:10:00	18:26:00	
21	08:50:00	12:10:00	15:20:00	18:34:00	
<input checked="" type="checkbox"/> . -Identificación de hora Pico <input type="checkbox"/> . -identificación de hora normal					

**Fuente:** Contratos de Operación Transporte Público (TP) 2015

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 4.21 muestra la matriz de frecuencias, paradas, duración por parada, número de pasajeros y velocidad promedio de recorrido durante el viaje en total vs líneas de transporte en horario normal y pico.

**Tabla 4. 21** Matriz de frecuencias, paradas, duración de paradas y número de pasajeros vs líneas

<b>MATRIZ DE FRECUENCIAS, PARADAS, DURACIÓN DE PARADAS Y NÚMERO DE PASAJEROS VS LÍNEAS</b>										
<b>LÍNEAS</b>	<b>HORA NORMAL</b>					<b>HORA PICO</b>				
	<b>fr1 (Buses/Hora)</b>	<b>de Paradas</b>	<b>N° de Pasajeros</b>	<b>Duración promedio de las paradas hh:min:seg</b>	<b>Velocidad Promedio Km/h</b>	<b>fr2 (Buses/Hora)</b>	<b>N° de Paradas/hora</b>	<b>N° de Pasajeros/hora</b>	<b>Duración promedio de las paradas hh:min:seg</b>	<b>Velocidad Promedio Km/h</b>
L1	7	35	30	0:01:05	40	9	32	62	0:01:25	38
L2	16	41	68	0:01:15	40	19	45	120	0:01:30	37
L3	12	33	70	0:01:12	50	15	35	105	0:01:28	44
L4	13	29	45	0:00:58	50	10	31	58	0:01:10	42
L5	6	28	42	0:01:00	50	7	29	58	0:01:21	44
L6	13	31	97	0:01:38	49	16	32	132	0:01:59	45
L7	10	29	86	0:01:30	45	12	30	95	0:01:55	40
L8	10	25	52	0:01:18	47	13	26	68	0:01:38	44
L9	10	23	65	0:01:05	48	12	24	72	0:01:24	45
L10	11	35	90	0:01:02	51	16	35	140	0:01:26	47
L11	6	22	45	0:00:58	51	7	20	58	0:01:07	49
L12	16	37	78	0:01:28	50	20	40	104	0:02:01	47
L13	9	38	75	0:01:15	49	11	37	121	0:01:49	42
L14	13	37	73	0:01:01	48	16	37	82	0:01:25	40
L15	5	29	53	0:00:39	48	7	31	72	0:01:34	42
L16	9	31	74	0:01:03	50	11	30	98	0:01:32	45
L17	7	29	73	0:01:08	47	11	30	88	0:01:29	43
L18	13	29	79	0:01:09	44	13	30	92	0:01:32	40
L19	13	31	74	0:01:04	46	13	29	90	00.01:27	40

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

#### 4.1.5 CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO EN RUTAS DE TRANSPORTE

El recorrido que cubre cada una de las cooperativas en sus diferentes líneas (ver Tabla 4.22) se modelan mediante un gráfico no dirigido

$$G = (CV, CA) \quad \text{ecuación 4.1}$$

Donde:

CV.-Conjunto de vértices ó nodos y estos representan las intersecciones de las rutas.

CA. -Conjunto de aristas que representan las rutas o conexiones entre centroides<sup>1</sup>

Cada ruta cumple un diferente recorrido a través de cada vértice establecido y siguiendo una secuencia según su grafo G, de esta manera una ruta cumple con un sentido de ida y vuelta. Las redes viales determinadas por un conjunto de rutas basan su utilización en un subconjunto de aristas.

La red de transporte público está definida por:

$$\overline{CA} = CA \quad \text{ecuación 4.2}$$

Lo que se interpreta como rutas que utilizan un subconjunto de aristas.

El Problema de diseño de red de tránsito (TNDP<sup>2</sup>) como solución factible está compuesto por un par de líneas o rutas y frecuencias (L,FR) y de las siguientes características.

1.  $L = \{L_1, \dots, L_L\} \subseteq \theta$  conjunto de rutas ó líneas
2.  $FR = \{fr_1, \dots, fr_{fr}\}$  conjunto de frecuencias

Donde:

$f_k \in R^+$  = frecuencias de pasada de los buses por unidad de tiempo en la línea o ruta  $l_k \in R$

---

<sup>1</sup> Centroides. -es un punto que contiene propiedades y atributos que caracterizan a una zona de la región de estudio

<sup>2</sup> Transit Network Design Problem

La línea o ruta se compone de un par de recorrido  $l_k$  y una frecuencia  $fr_k$ .

El modelo de estudio de rutas y frecuencias para los buses urbanos de la ciudad de Ambato tiene su base en el modelo propuesto por Bajj Mahmassani(1991,1995)

**Tabla 4. 22** Asignación de líneas origen – destino

<b>ASIGNACIÓN DE VARIABLES</b>			
<b>LÍNEA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>COOPERATIVA</b>
L1	Libertad	Ingahurco	Tungurahua
L2	Ficoa	Terremoto	Tungurahua
L3	Huachi Progreso	Izamba	Tungurahua
L4	Montalvo	El Recreo	Tungurahua
L5	Tiugua	Cunchibamba	Tungurahua
L6	Huachi Chico	Atahualpa	Tungurahua
L7	Letamendi	Constantino	Tungurahua
L8	Picaihua	Cdla España	Unión
L9	Nueva Ambato	Pinllo	Unión
L10	La Joya	Parque Industrial	Unión
L11	San Juan	Barrio Amazonas	Unión
L12	Ficoa	El Empalme	Unión
L13	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	Libertadores
L14	La Florida	4 Esquinas	Libertadores
L15	Tangaiche	Parque 12 Noviembre	Libertadores
L16	La Península	Las Orquídeas	Libertadores
L17	Techo Propio	Andinglata	Libertadores
L18	La Magdalena	Izamba	Jerpazsol
L19	Puerto Arturo	Huachi Chico	Jerpazsol

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

Para la obtención de variables que permitan obtener la ruta óptima y las frecuencias adecuadas se debe:

1. Definir en primer lugar cada una de las rutas de las líneas de buses
2. Obtener las velocidades medias de las unidades
3. Conocer el número de pasajeros que sube durante las horas pico y las horas normales, esta última considerada de menor demanda.



4. Conocer la demanda de pasajeros origen destino de las líneas de transporte
5. Establecer el número de paradas indicadas, siendo estas las habituales por los usuarios.

#### **4.1.6 RESTRICCIONES Y NOTACIÓN UTILIZADA PARA EL MODELO DE TRANSPORTE**

Para el desarrollo de la función objetivo que permita obtener un modelo de transporte adecuado, primero se debe obtener las restricciones que rigen el modelo, segundo los criterios para la función del modelo de optimización y finalmente las funciones objetivas del modelo de transporte.

La Tabla 4.23 muestra en la primera columna las restricciones consideradas en el modelo, la segunda columna muestra la notación asignada a la restricción, la tercera columna evalúa el criterio a la restricción en caso de existir, en la cuarta columna se asignan los parámetros a las restricciones en caso de ser necesario y en la quinta columna se aprecia las observaciones a cada una de las restricciones en caso de ser necesarias.

La Tabla 4.24 muestra los criterios para la función del modelo de optimización. La primera columna muestra los criterios del modelo, la segunda columna muestra la notación para cada uno de los criterios, en la tercera columna se muestra la función obtenida para cada uno de los criterios la cuarta columna muestra los parámetros de cada criterio obtenido, y en la quinta columna se aprecia las observaciones de cada uno de los criterios

La Tabla 4.25 muestra las funciones objetivo y el dominio que rigen el modelo de transporte junto con las observaciones de cada una de las mismas.

**Tabla 4. 23** Restricciones para el modelo de transporte urbano en la ciudad de Ambato

<b>RESTRICCIONES DEL MODELO</b>				
<b>RESTRICCIONES</b>	<b>NOTACIÓN</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Satisfacer la demanda de unidades	$(DUS_0)$	$DUS \in [0,1]$	$\sum_{i=1}^{cv} \sum_{j=1}^{cv} dus_{ij}$	Satisface para viajes directos por los recorridos resueltos
Mínima demanda	$MD_0$			Es una constante y permite una proporción mínima para cualquier posible solución
Proporción de la demanda Total	$(PDT)_{01}$	$DUS \in [0,1]$		Satisface para viajes directos por los recorridos resueltos con al menos un transbordo para solución Q
Mínima demanda permitida	$(MDP)_{01}$			Es una constante con al menos un transbordo en su proporción mínima
Frecuencia mínima	(fr min.)			Frecuencia mínima de pasada en una hora
Frecuencia máxima	(fr máx)			Frecuencia máxima de pasada en una hora
Factor permitido para la carga en la línea o ruta $l_k$	$(FPC_k)$			
Factor permitido de carga máximo	$(FPC_{max})$			
Capacidad del bus con pasajeros sentados	(CPS)			

**Fuente:** Antonio Mauttone Urquhart (2007)

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Tabla 4. 24** Criterios para la función modelo de optimización

<b>CRITERIOS PARA LA FUNCIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN</b>				
<b>CRITERIOS</b>	<b>NOTACIÓN</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Demanda	(D ó d)			Es la variable para demanda
Recorrido de flujo crítico	$\mu$	$\mu = \max\{\overrightarrow{\mu}_{a,k}, \overleftarrow{\mu}_{a,k}, a \in l_k\}$	$l_k$	$l_k = \text{recorrido crítico}$ $\overrightarrow{\mu}_{a,k} = \text{movimiento de ida}$ $\overleftarrow{\mu}_{a,k} = \text{movimiento de vuelta}$
Matriz origen destino	MOD	$MOD = \{d_{ij} \forall i, j \in [1, \dots, cv]\}$	$cv =  CV $	Se caracteriza por la demanda
Demanda para líneas o rutas	$d_{ij}$			Parte del vértice “i” y llega al vértice “j” y su unidad es viajes sobre el tiempo recorrido
Tiempo total	$TT_K$	$TT_K = 2 \sum_{a \in l_k} C_a$		Tiempo de duración del recorrido en total $l_k$ de ida y vuelta
Costo del viaje o arista	$C_a$	$a = i, j \in A$		a.-representa el tiempo del autobús de i a j
Número de buses necesarios para cubrir la ruta	$\frac{fr_k}{TT_k}$			Número de buses para cubrir la línea $l_k$ con su frecuencia respectiva
Tiempo del viaje en total entre los vértices i y j	TTv	$TTv_{ij} + TTe_{ij} + TT_{ij}$		Los valores que se le asigne depende de la hipótesis establecida por lo que serán asignados por el modelo

**Fuente:** Antonio Mauttone Urquhart (2007)

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Tabla 4. 25** Funciones Objetivos del modelo de transporte

<b>FUNCIONES OBJETIVOS DEL MODELO DE TRANSPORTE</b>			
<b>ITEM</b>	<b>ECUACIÓN</b>	<b>DETALLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	$\min Z_1(Q) = \sum_{i=1}^{cv} \sum_{j=1}^{cv} dus_{ij}(TTv_{ij} + TTe_{ij} + TT_{ij})$	FO1	Establece los beneficios de los usuarios
2	$\min Z_2(Q) = \sum_{l_k \in R} fr_k t_k$	FO2	Establece los beneficios de los operadores
<b>DOMINIO</b>			
3	$DUS_0(Q) \geq MD_0$	FO 3	Satisfacción de demanda con sus aspectos
4	$PDT_{01}(Q) \geq MDP_{01}$	FO 4	Satisfacción de demanda con sus aspectos
5	$fr_{min} \leq fr_k \leq fr_{max} \quad \forall fr_k \in R$	FO 5	Funciones límites de frecuencia tanto inferiores como superiores
6	$FPC_k = \frac{\mu_k}{fr_k CPS} \leq FPC_{max} \quad \forall l_k \in R$	FO 6	Nivel del servicio
7	$l_k \in \mu$		
8	$fr_k \in R^+$		

**Fuente:** Antonio Mauttone Urquhart (2007)

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 4.26 muestra la identificación de cada una de las variables dentro del modelo de programación y las funciones objetivo.

**Tabla 4. 26** Identificación de variables de del modelo de ruta

<b>IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE DECISIÓN</b>	
<b>Sigla</b>	<b>Descripción</b>
Cu	Cooperativa unión
jp	Cooperativa Jerpazsol
lbt	Cooperativa Libertadores
Th	Cooperativa Tungurahua
Ru-l	Ruta para cooperativa unión en línea l=1, 2, ..., l
Rjp-l	Ruta para cooperativa Jerpazsol en línea l=1, 2, ..., l
Rlbt-l	Ruta para cooperativa Libertadores en línea l=1, 2, ..., l
RTh-l	Ruta para cooperativa Tungurahua en línea l=1, 2, ..., l
f	Frecuencia de pasada por parada $\geq 1$
Dpu-l	Demanda de pasajeros cooperativa unión en línea l=1, 2,...l
Djp-l	Demanda de pasajeros cooperativa Jerpazsol en línea l=1, 2,...l
Dl-l	Demanda de pasajeros cooperativa libertadores en línea l=1, 2,...l
DTh-l	Demanda de pasajeros cooperativa Tungurahua en línea l=1, 2,...l
o	Origen de ruta
d	Destino de ruta
te	Tiempo de espera
dij	Cantidad de viajes por unidad de tiempo(demanda)
n	Cantidad de nodos en la ruta
tij	Tiempo total del viaje entre i y j (en vehículo, espera y transferencia)
Nk	Cantidad de buses operando en la red
fmin	Frecuencia mínima permitida para la ruta
Tk	Tiempo total en que dura el viaje origen destino
W	Tamaño de la flota disponible (Cantidad de buses por hora)
LFk	Factor de carga en la ruta
(Qk)max	Máximo flujo por arco en la ruta k
CAP	Capacidad de pasajeros sentados en los buses
LFmax	Factor de carga máximo permitido
R	Conjunto de rutas para una solución dada
C1 y C2	Factores de conversión y pesos relativos de los términos de la función objetivo.
Lr	Línea del tipo r=1, 2,3, ..., r

**Fuente:** Baaj y Mahmassani (1991)

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

#### **4.1.8.2 ORDEN SECUENCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL ALGORITMO DE RUTAS**

1.-Identificar los NRu número de nodos (n) o rutas con la demanda máxima y se fija k=1

2.-Identificar los nodos y asociarlos al  $K$ -ésimo de un par de nodos del conjunto  $n$  y crear una ruta diferente entre el mismo par de nodos.

3.-Verificar si el conjunto de rutas  $n$  ha sido especificado. Si  $k=n$ , ir al punto 4, de lo contrario establecer  $i$  fijar en  $k=k+1$  y retornar al punto 2.

4.-Verificar si el conjunto establecido de  $n$  rutas existe la presencia de  $n$  subconjuntos, una vez identificados deben ser eliminados de las  $n$  rutas generadas hasta ese momento. Si  $n=0$  ir al punto 5.

Nota:

Las rutas  $n$  existentes son aprobadas y autónomas de lo contrario establecer  $k=m-n$ , luego tomar el par de nodos con mayor demanda de pasajeros (ver Tabla.4.21) y regresar al paso 2.

5.-Determinar el total de la demanda de pasajeros en satisfecho, utilizando las  $m$  rutas autónomas. Si la demanda “ $d$ ” de pasajeros por ruta excede  $d_{min}^o$  ir al punto 6, de lo contrario eliminar los nodos de la matriz de demanda de pasajeros de la Tabla 4.21 los satisfechos directamente, luego tomar el nodo con menor número de pasajeros y establecer  $k=m+1$  y retornar al punto 2.

6.-Para determinar el número total de pasajeros como demanda satisfecha de pasajeros para el conjunto de rutas  $m$ , de lo contrario se debe eliminar de la matriz (Tabla 4.21) aquellas rutas en las  $o$  nodos en las que exista como máximo 2 y establecer a lo par de nodos siguientes  $k=m+1$  y retornar al punto 2.

Una vez identificado y realizado cada uno de los pasos se debe cargar la programación dentro de algún software de programación lineal ya sea Lingo, Cplex o Tora para la programación de las funciones objetivo y su comparación con el TransCAD.

#### **4.1.8.3 APLICACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL OBTENIDO PARA ESTUDIO.**

La Figura 4.26 muestra el diagrama de flujo utilizado en el modelo de programación en la cual se debe seleccionar los  $m$  número de nodos, luego se define el algoritmo de minimización de ruta, a continuación, se establece el algoritmo de expansión de rutas, se

verifica, luego se traza las rutas en el mapa y se toma sus respectivas decisiones y finalmente se toma las rutas adecuadas para su posterior estudio.

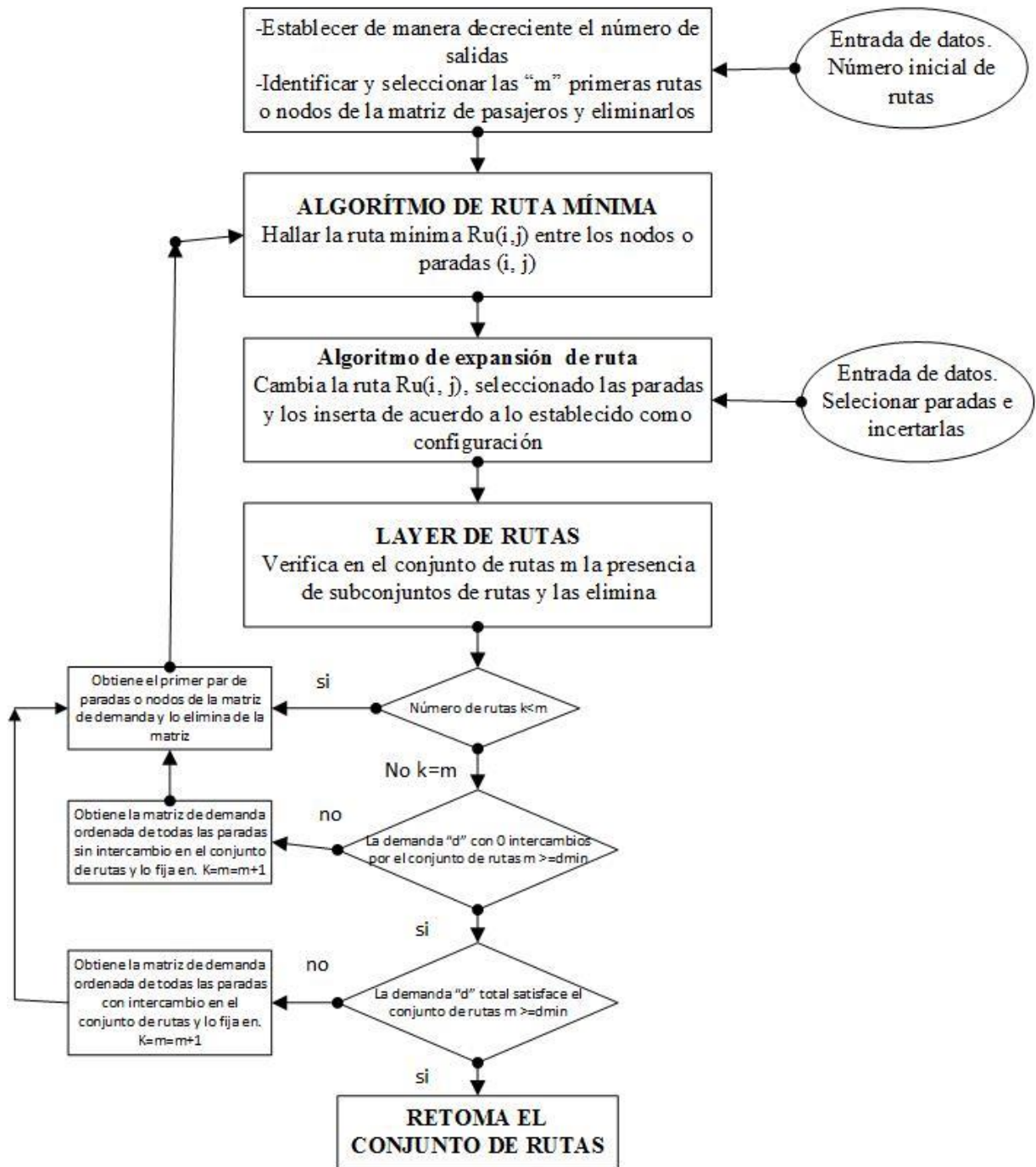


Figura 4. 26 Diagrama de programación

Elaborado por: Leonardo Sánchez

La programación de las funciones objetivos y sus restricciones está en función de la Tabla 4.21. La programación se realizó en el software LINGO y el trazado de rutas en el software TransCAD cada uno de ellos mediante el modelo de programación base de Baaj Mahmassani.

## **PROGRAMACIÓN EN LINGO**

Para la programación dentro del software Lingo se ha de considerar los operadores lógicos del software:

- Igual (EQ)
- no igual (NE)
- mayor o igual (GE)
- mayor (GT)
- menor (LT)
- menor o igual (LE)
- y (AND)
- O (inclusivo) (OR)
- No (NOT)

### **Pasos a seguir para declarar las sentencias**

1. El texto que se redacte debe iniciar con signo de admiración “!” y aparecerán de color verde
2. Para definir la función objetivo se debe escribir la palabra Max o Min seguidas de signo igual “=” y aparecerá en Azul.
3. Para darle un nombre a la función objetivo o a las restricciones se debe escribir entre corchetes
4. Al final de cada sentencia se debe poner punto y coma “;”

Para establecer una formulación en lingo se debe tener en cuenta las siguientes secciones:

**Sección 1.-**Conocida como de conjuntos (SETS) que especifica los conjuntos y los atributos que corresponden a estos conjuntos, trabaja bajo la siguiente sintaxis:

NOMBRE/ LOS MIEMBROS/: LOS ATRIBUTOS;

**SETS:**



BUSES /Fr1, Fr2/: CAPACIDAD;

CAPACIDAD /CAP1, CAP2, CAP3/: DEMANDA;

RUTAS (FRECUENCIAS, PARADAS):fr, CAP;

ENDSETS

El conjunto frecuencias es conocido como conjunto primitivo y las paradas como conjunto derivado, donde fr es la frecuencia y CAP la capacidad transportada entre el origen y destino

**Sección 2.-** Conocida como sección de datos permite asignar valores a los atributos de cada conjunto o también brinda los datos y su respectiva ubicación. Su sintaxis es:

**DATA:**

CAPACIDAD = 32, 28;

DEMANDA = 35, 29, 32;

**ENDDATA**

**Sección 3.-** Se la conoce como *sección del modelo* “es aquí donde se plantea el modelo”. Para desarrollar el modelo se debe conocer las funciones:

**@SUMA.-** Obtiene la suma sobre los conjuntos de la función planteada. El formato de secuencia es: @SUM (set: expresión)

**@FOR.-** Genera las restricciones sobre el conjunto definido “I”, su formato de secuencia es: @FOR (set: restricción)

Ejemplo:

@FOR (CAPACIDAD (J): @SUM (Frecuencias(I):X(I,J))<=CAPACIDAD(I));

Cada conjunto frecuencia genera una restricción

@ OLE, permite la transferencia desde Excel de tipo OLE. Para hacer uso de la función, se debe definir previamente las listas que contienen los datos.

### 4.1.6.1 PROGRAMACIÓN EN LINGO

La Figura 4.27 y 4.28 muestra la programación en el software Lingo de las funciones objetivo obtenidas en la Tabla 4.25.

```

MODEL;
TITLE MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA ESTUDIO DE RUTAS Y FRECUENCIAS
SETS:
L/1...19/:LINEA1, LINEA2, LINEA3, LINEA4, LINEA5, LINEA6, LINEA7, LINEA8, LINEA9, LINEA10, LINEA11,
LINEA12, LINEA13, LINEA14, LINEA15, LINEA16, LINEA17, LINEA18, LINEA19, FR, DPU, DJP, DL, DTH, CAP !DEFINICION DE LA VA
N/1...19/: !INDICE J;

ENDSETS
DATA:
LINEA1=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 1;
LINEA2=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 2;
LINEA3=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 3;
LINEA4=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 4;
LINEA5=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 5;
LINEA6=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 6;
LINEA7=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 7;
LINEA8=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 8;
LINEA9=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 9;
LINEA10=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 10;
LINEA11=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 11;
LINEA12=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 12;
LINEA13=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 13;
LINEA14=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 14;
LINEA15=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 15;
LINEA16=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 16;
LINEA17=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 17;
LINEA18=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 18;
LINEA19=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !LINEA 19;

```

Figura 4. 27 Programación de las funciones objetivo parte 1

Elaborado por: Leonardo Sánchez

```

FR=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !FRECUENCIA;
DPU=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !DEMANDA DE PASAJEROS UNION;
DJP=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !DEMANDA DE PASAJEROS JERPAZSOL;
DL=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !DEMANDA DE PASAJEROS LIBERTADORES;
DTH=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !DEMANDA DE PASAJEROS TUNGURAHUA;
CAP=@OLE ('C:\FRECUENCIAS_VS_CAPACIDAD\01\Datos.XLSX'); !CAPACIDAD;
RU=87
RLB=65
RJP=55
RTH=145
ENDDATA
MIN= @SUM (f(i); frecuencia1(i)*CAP(i)+frecuencia2(i)*CAP(i)+frecuencia3(i)*CAP(i)+frecuencia4(i)*CAP(i)+
frecuencia5(i)*CAP(i)+frecuencia6(i)*CAP(i)+
frecuencia7(i)*CAP(i)+frecuencia8(i)*CAP(i)+frecuencia9(i)*CAP(i)+frecuencia10(i)*CAP(i)+frecuencia11(i)*CAP(i)+
frecuencia12(i)*CAP(i)+frecuencia13(i)*CAP(i)+frecuencia14(i)*CAP(i)+
frecuencia15(i)*CAP(i)+frecuencia16(i)*CAP(i)+frecuencia17(i)*CAP(i)+frecuencia18(i)*CAP(i)+frecuencia19(i)*CAP(i); !FUNCIÓN OBJETIVO;
@FOR (FR(i); DPU(i)=@sum (n(j)|j#LE#i:DPU(j)+DJP(j)+DPL(j)+ DTH (j)); !RESTRICCIONES DE RUTAS Y FRECUENCIAS;
@FOR (FR(i); CAP (i)<=DPU(i)); !RESTRICCION DE CAPACIDAD BUS UNION;
@FOR (FR(i); CAP (i)<=DJP(i)); !RESTRICCION DE CAPACIDAD BUS JERPAZSOL;
@FOR (FR(i); CAP (i)<=DL(i)); !RESTRICCION DE CAPACIDAD BUS LIBERTADORES;
@FOR (FR(i); CAP (i)<=DTH(i)); !RESTRICCION DE CAPACIDAD BUS TUNGURAHUA;
END

```

Figura 4. 28 Programación de las funciones objetivo parte 2

Elaborado por: Leonardo Sánchez

Una vez elaborada las funciones objetivo en el software, lingo muestras las soluciones óptimas al modelo planteado; de las líneas 1 a la 19 la capacidad de pasajeros y la frecuencia con la que debe salir en una hora. (ver Figura 4.29 y 4.30)

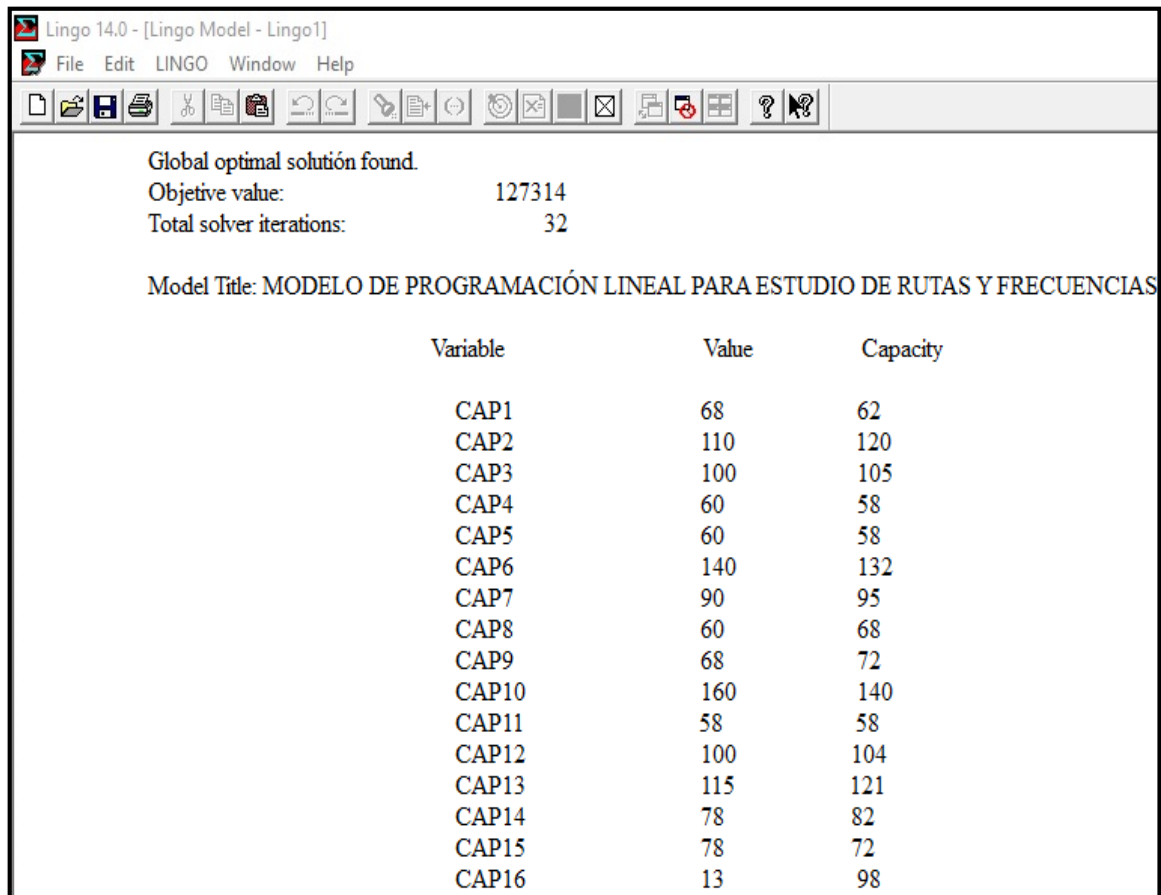
Variable	Value	Frecuence
L1	8	9
L2	21	19
L3	12	15
L4	9	10
L5	6	7
L6	17	16
L7	11	12
L8	13	13
L9	11	12
L10	11	16
L11	7	7
L12	18	20
L13	11	11
L14	14	16
L15	7	7
L16	10	11
L17	12	11

**Figura 4. 29** Valores obtenidos de frecuencia para cada línea parte 1

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Interpretación de resultados en LINGO de la Figura 4.29**

En la Figura 4.29 la columna de *frecuence* es la frecuencia con la que actualmente trabaja cada cooperativa, la columna de *Value* representa las frecuencias óptimas obtenidas para cubrir de manera adecuada cada ruta.



**Figura 4. 30** Valores obtenidos de capacidad para cada línea parte 2

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

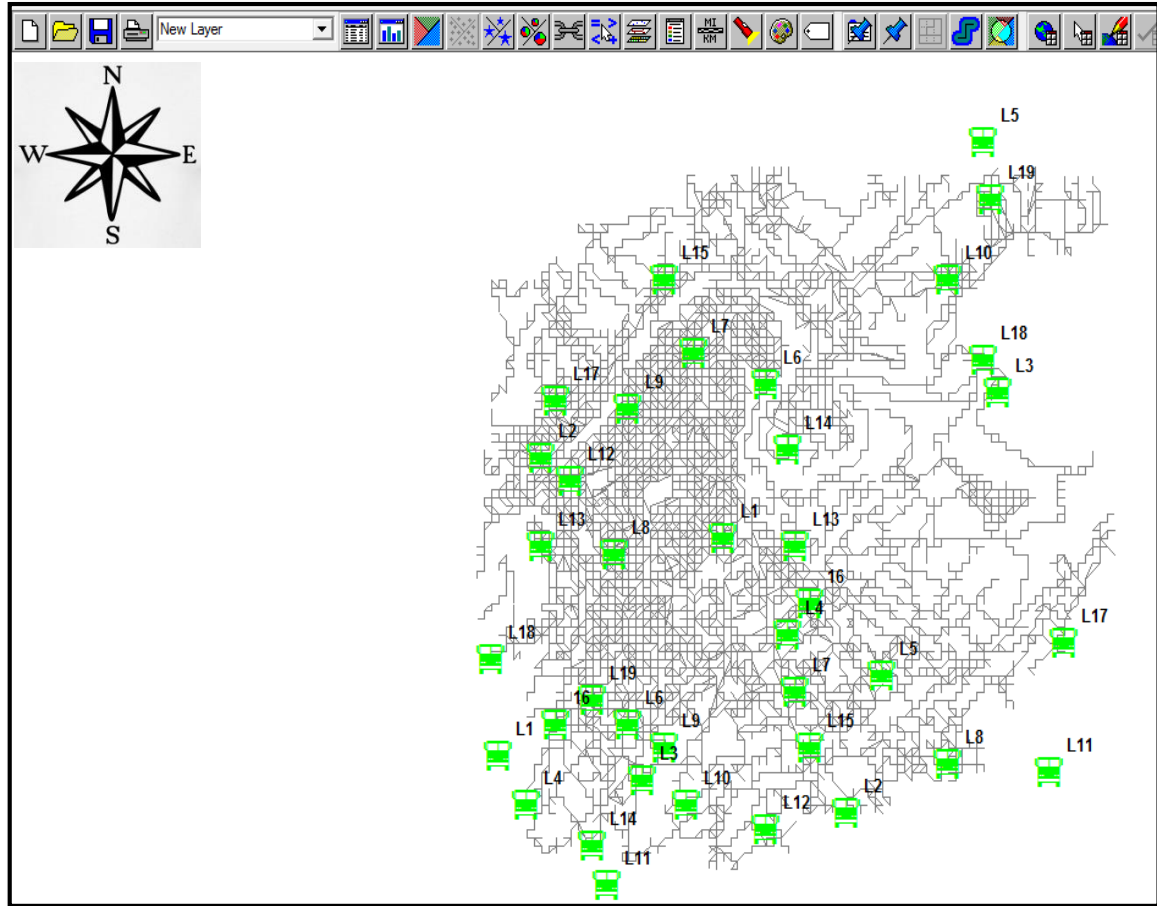
### **Interpretación de resultados en LINGO de la Figura 4.30**

En la Figura 4.30. la columna de **Capacity** representa la capacidad de pasajeros que lleva cada unidad en dicha ruta, la columna de **Value** brinda los valores óptimos de capacidad de pasajeros para cada unidad cubriendo dicha ruta.

Una vez obtenido los valores de frecuencia y capacidad de pasajeros se traza las diferentes rutas de cada una de las líneas en el software TransCAD.

#### 4.1.6.2 PROGRAMACIÓN EN TRANSCAD

##### 1.-Ubicación de líneas de transporte en TRANSCAD



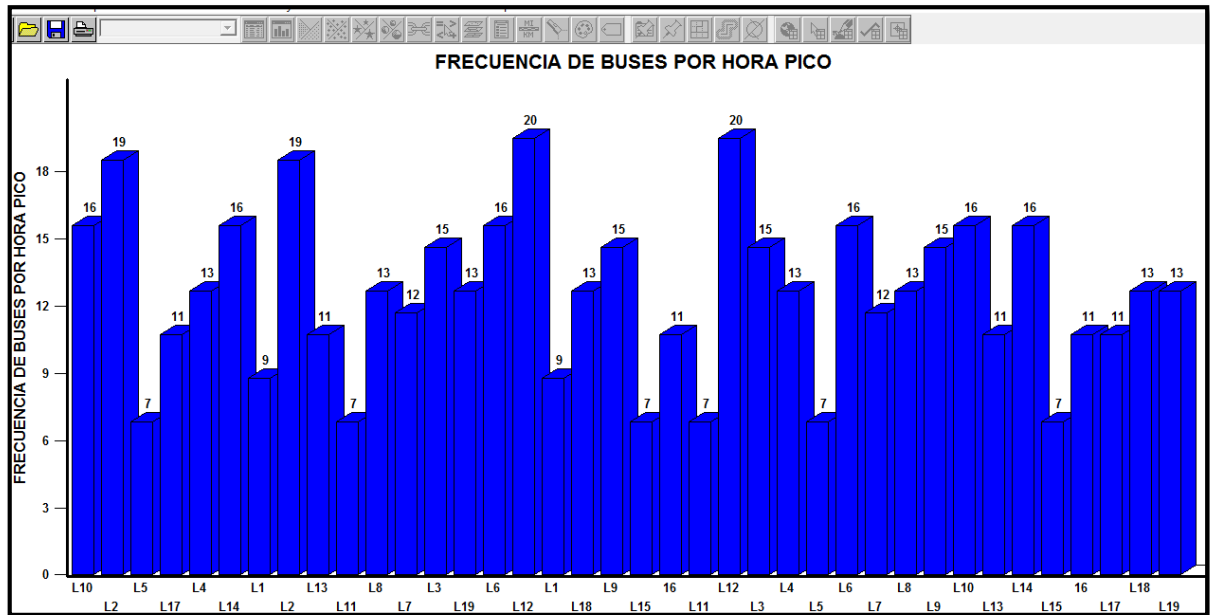
**Figura 4. 31** Asignación de líneas al mapa de Ambato en TransCAD

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

#### **Análisis Figura 4.31**

La Figura 4.31 muestra la ubicación de las distintas líneas de transporte en sus diferentes puntos de salida y llegada (origen - destino) dentro del recinto urbano de la ciudad de Ambato en el software TransCAD.

## 2.-Identificación de buses por hora Pico:



**Figura 4. 32** Frecuencia de buses por hora Pico

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis Figura 4.32**

La Figura 4.32 muestra la frecuencia de buses en hora pico siendo las más importantes las líneas L2, L13, L10 y L6 cada una de ellas con 19, 20, 16, 16 pasajeros correspondientemente.

## 3.-Elaboración de matriz de frecuencias de buses.

### **Análisis Figura 4.33**

La Figura 4.33 muestra la matriz de frecuencia origen destino de cada una de las líneas a quien se les asigno la frecuencia de salida de cada una de las unidades en sus diferentes puntos de salida.

	L10	L2	L5	L17	L4	L14	L13	L8	L7	L3	L19	L6	L12	L1	L18	L9	L15	L16	L11	L11	L1	L2	L12	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L13	L14	L15	L				
L10	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.00	--	--	
L2	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	19.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L5	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L17	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
L4	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
L14	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	10.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.00	--	
L13	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	11.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L8	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
L7	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
L3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	20.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	9.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.00	--	
L16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	11.00	
L11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	7.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.00	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9.00	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L2	--	19.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	20.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
L3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L4	--	--	--	--	10.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L5	--	--	7.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L7	--	--	--	--	--	--	--	12.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L8	--	--	--	--	--	--	13.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
L10	16.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	
L13	--	--	--	--	--	11.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--	
L14	--	--	--	--	--	16.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.00	--	--	--	--

Figura 4. 33 Matriz de frecuencia de buses

Elaborado por: Leonardo Sánchez

#### 4.- Elaboración de matriz de pasajeros

	L10	L2	L5	L17	L4	L14	L13	L8	L7	L3	L19	L6	L12	L1	L18	L9	L15	L16	L11	L11	L1	L2	L12	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L13	L14	L1	Sum			
L10	0.00																																		40.00			40.00
L2		0.00																				-120.00																120.00
L5			0.00																						58.00													58.00
L17				0.00																																		88.00
L4					0.00																			58.00														58.00
L14						0.00																															82.00	
L13							0.00																														121.00	
L8								0.00																													68.00	
L7									0.00																												95.00	
L3										0.00																											105.00	
L19											0.00																										90.00	
L6												0.00																									132.00	
L12													0.00																								104.00	
L1														0.00																							62.00	
L18															0.00																						92.00	
L9																0.00																					72.00	
L15																	0.00																				72.00	
L16																		0.00																			98.00	
L11																			0.00	58.00																58.00		
L11																				58.00	0.00															58.00		
L1														62.00								0.00															62.00	
L2		-120.00																				0.00															120.00	
L12																							0.00														104.00	
L3																								0.00													105.00	
L4					58.00																				0.00												58.00	
L5			58.00																						0.00												58.00	
L6																										0.00										132.00		
L7																											0.00									95.00		
L8																																				68.00		
L9																																				72.00		
L10	40.00																																			40.00		
L13																																					121.00	
Sum	40.00	20.00	58.00	88.00	58.00	82.00	21.00	68.00	95.00	05.00	90.00	32.00	04.00	62.00	0.00	64.00	72.00	98.00	58.00	58.00	62.00	20.00	04.00	05.00	58.00	58.00	32.00	95.00	68.00	72.00	40.00	21.00	82.00	72.00	30.00			

Figura 4. 34 Matriz de capacidad en pasajeros durante horas pico

Elaborado por: Leonardo Sánchez



### Análisis Figura 4.34

La Figura 4.34 muestra la matriz de demanda de pasajeros entre la salida y la llegada como parte de la programación dentro del software TransCAD. Los valores de capacidad de pasajeros son necesarios para evaluar las posibles rutas que se podrían obtener a partir de la demanda.

### 5.-Obtención de pasajeros en hora Pico

La Figura 4.35 muestra el diagrama de barras con el número de pasajeros en hora pico por línea de transporte.

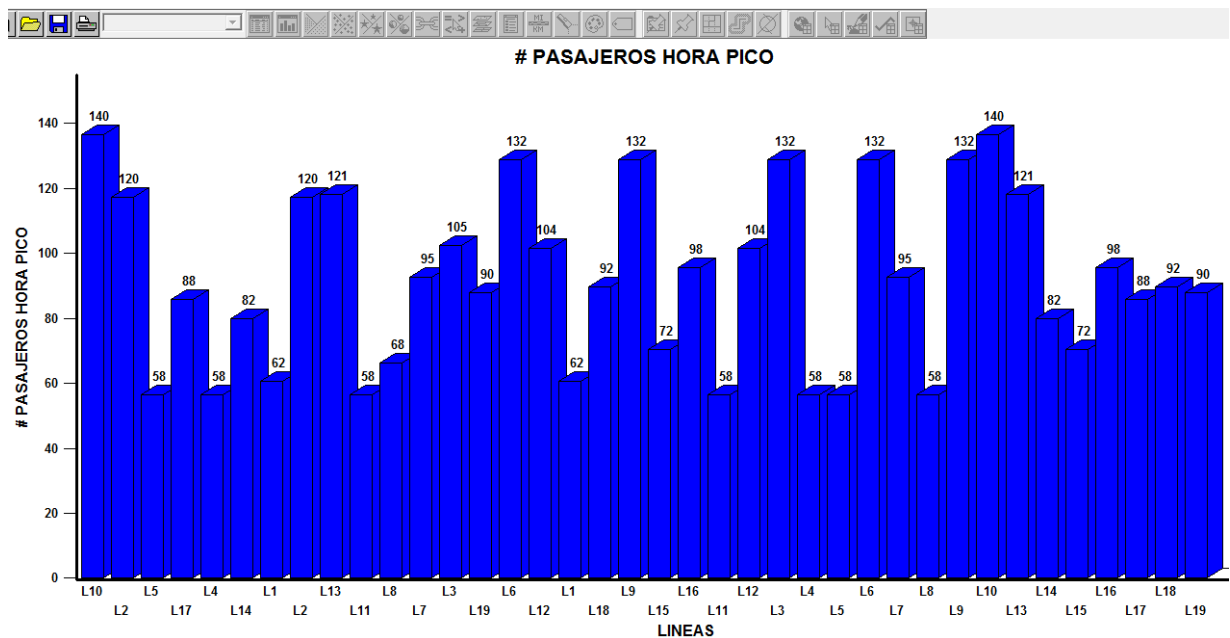


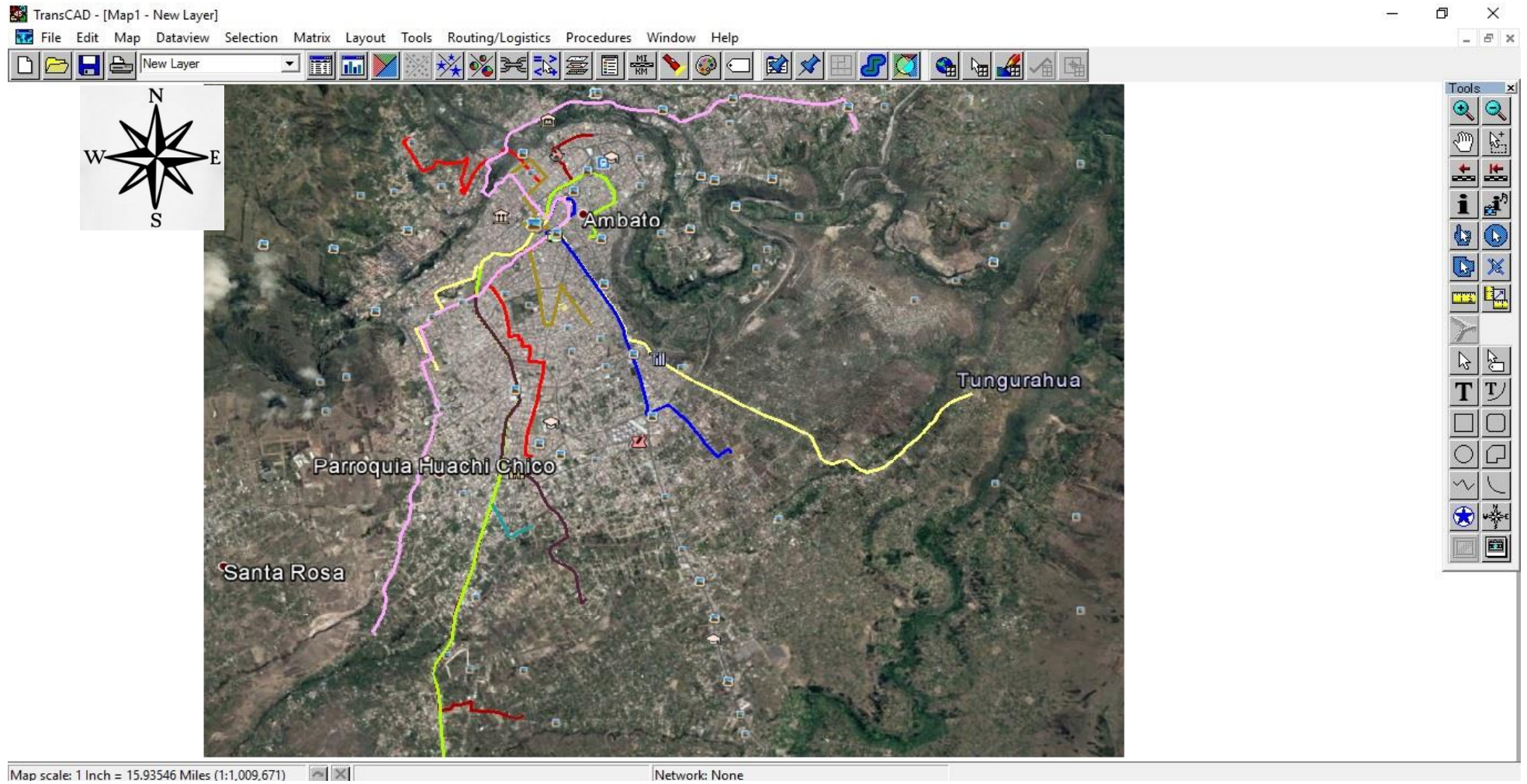
Figura 4. 35 Número de pasajeros en hora pico

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### Análisis de la Figura 4.35

La Figura 4.35 muestra el número de pasajeros en hora pico en cada una de las diferentes líneas siendo las más preponderantes la Línea L10, L2, L13 y L6 cada una con 140, 120, 121 y 132 respectivamente.

### 6.-Obtención de trazado de rutas:



**Figura 4.36** Trazado de rutas

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### Análisis de la Figura 4.36

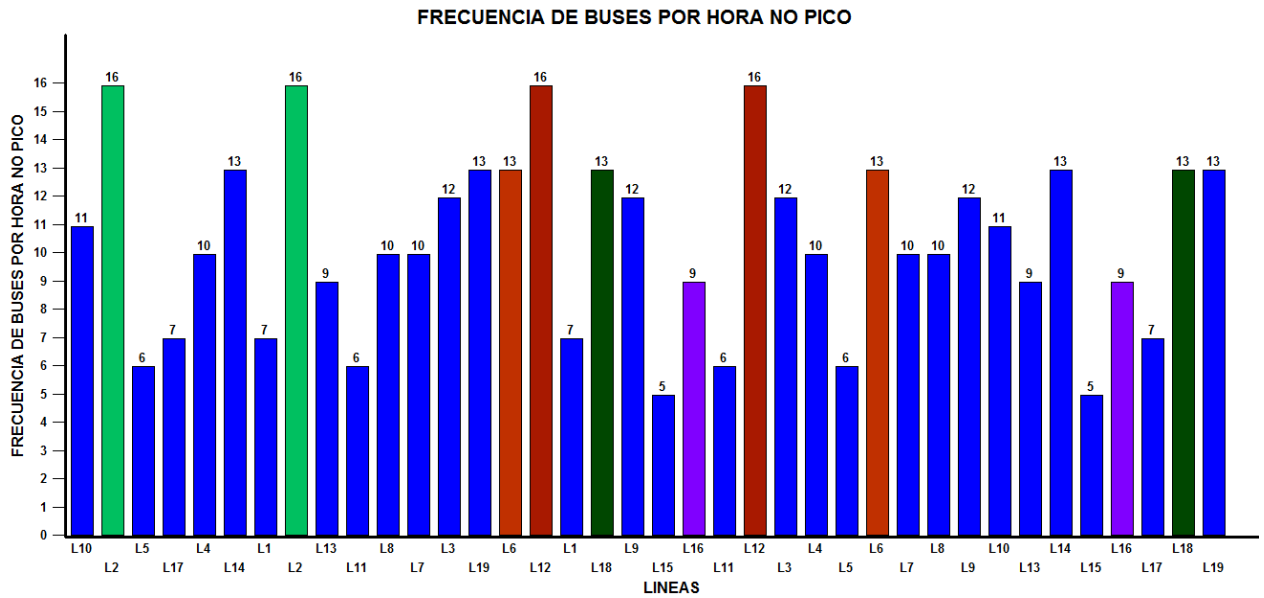
La Figura 4.35 muestra el número de pasajeros en hora pico en cada una de las diferentes líneas siendo las más preponderantes la Línea L10, L2, L13 y L6 cada una con 140, 120, 121 y 132 respectivamente.

**Tabla 4. 27** Identificación de colores para rutas de transporte

<b>COLOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE RUTA</b>
	La joya Parque - Industrial
	San Juan - Pisque
	Ficoa - Terremoto
	Huachi chico – Mercado Mayorista – La Victoria
	Línea techo propio
	Tangaiche
	Nueva Ambato - Pinllo
	Centro - Picaihua – San Vicente
	La Magdalena - Izamba
	Puerto Arturo Huachi Grande
	La Florida - Cashapamba
	Montalvo – El Recreo
	San Francisco
	Huachi Progreso
	Letamendi

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 4.27 muestra la simbología por colores de las diferentes rutas trazadas en el Software TransCAD.



**Figura 4. 37** Frecuencia de buses en hora normal

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 4.37 muestra las frecuencias de buses en hora no pico conocido también como horario normal, donde se aprecia que las líneas con mayor frecuencia corresponden a la línea L2, L12, L6, L19 cada una con 16, 16, 13 y 13 respectivamente.

#### **4.1.7 CÁLCULO DE RENDIMIENTO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE VINCULACIÓN PROYECTO DIDE**

El rendimiento en consumo de combustible en kilometro por galón (Km/galón) se obtiene mediante la distancia total recorrida en (Km) por valor de diésel consumido en (USD) consumida en esa distancia, se considera que el valor por galón de diésel en el Ecuador es de \$1.04 USD

$$\eta = \frac{D(Km)}{CC (Galones)} \quad \text{ecuación 4.3}$$

Donde:

$\eta$ .-Rendimiento de combustible diario (Km/Galones)

D.-Distancia total recorrida en el día (Km)

CC.-Consumo de combustible en la distancia total recorrida diaria (Galones)

**Tabla 4. 28** Matriz de rendimiento de consumo de combustible por cada línea de transporte

<b>MATRIZ DE RENDIMIENTO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLES</b>							
<b>LÍNEAS</b>	<b>Duración total diaria en horas:min:seg</b>	<b>Velocidad Promedio (Km/h)</b>	<b>COOPERATIVA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>Distancia total recorrida por día (Km)</b>	<b>Rendimiento de combustible (Km/galon) diario</b>
L1	14,00	38	Tungurahua	Libertad	Ingahurco	532	17,73
L2	14,19	37	Tungurahua	Ficoa	Terremoto	525	17,50
L3	15,27	44	Tungurahua	Huachi Progreso	Izamba	672	22,40
L4	15,73	42	Tungurahua	Montalvo	El Recreo	660,8	22,03
L5	15,43	44	Tungurahua	Tiugua	Cuchibamba	679	22,63
L6	14,00	45	Tungurahua	Huachi Chico	Atahualpa	630	21,00
L7	14,00	40	Tungurahua	Letamendi	Constantino	560	18,67
L8	14,00	44	Unión	Picaihua	Cdla España	616	20,53
L9	14,00	45	Unión	Nueva Ambato	Pinllo	630	21,00
L10	14,45	47	Unión	La Joya	Parque Industrial	679	22,63
L11	14,00	49	Unión	San Juan	Barrio Amazonas	686	22,87
L12	16,83	47	Unión	Ficoa	Totoras	791	26,37
L13	14,40	42	Libertadores	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	605	20,17
L14	15,00	40	Libertadores	La Florida	4 Esquinas	600	20,00
L15	13,81	42	Libertadores	Tangaiche	Ponhoa	580	19,33
L16	12,78	45	Libertadores	La Peninsula	Las Orquideas	575	19,17
L17	13,49	43	Libertadores	Techo Propio	Andinglata	580	19,33
L18	15,25	40	Jerpazsol	La Magdalena	Izamba	610	20,33
L19	15,13	40	Jerpazsol	Puerto Arturo	Huachi Chico	605	20,17

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis Tabla 4.28**

Se considera que diariamente en una jornada de 14 horas el consumo promedio de diésel es de \$30 USD. El intervalo de trabajo de la línea 1 a la línea 12 es de 14 horas, inician su jornada a las 6 am y termina su jornada a las 8 pm, mientras que el intervalo de trabajo de la línea 13 es de 13 horas, inician su jornada de trabajo a las 6 am y finaliza a la 7 pm; y

finalmente el intervalo de trabajo de la línea 14 a la línea 15 es de 14 horas, iniciando su jornada 6 am y finaliza a las 8 pm.

## **4.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **4.2.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

Hipótesis Alternativa: El estudio de rutas y frecuencias incide en un sistema óptimo de transporte público-urbano.

Hipótesis Nula: El estudio de rutas y frecuencias no incide en un sistema óptimo de transporte público-urbano.

Para verificar la hipótesis de estudio se utiliza el método del Chi cuadrado

$$\lambda^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe} \quad \text{ecuación 4.3}$$

Donde:

$\lambda^2$  .-Chi Cuadrado

fo.-Frecuencia Observada

fe.-Frecuencia esperada

Para el análisis correlacional se analiza las variables de estudio para rutas y frecuencias que permita un sistema óptimo de transporte público-urbano, para lo cual se toma en cuenta la velocidad media entre el origen y destino de cada línea de transporte y el tiempo total recorrido (ver Tabla 4.6; 4.7; 4.8; 4.9 y Tabla 4.21) y se los relacionará con el tipo de ruta que cubre cada línea

La Tabla 4.28 muestra el resumen de procesamiento de datos y la Tabla 4.29 las frecuencias observadas con la ruta que recorre.

**Tabla 4. 29** Resumen de procesamiento de datos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Opción_P4 * Opción_P5	380	100,0%	0	0,0%	380	100,0%

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

**Tabla 4. 30** Frecuencias observadas para contraste de hipótesis

			Opción_P5					Total
			Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	
Opción_P4	Muy Bueno	Recuento	66	21	0	0	0	87
		Recuento esperado	15,1	45,6	17,4	8,5	,5	87,0
	Bueno	Recuento	0	168	0	0	0	168
		Recuento esperado	29,2	88,0	33,6	16,4	,9	168,0
	Regular	Recuento	0	10	62	0	0	72
		Recuento esperado	12,5	37,7	14,4	7,0	,4	72,0
	Malo	Recuento	0	0	14	13	0	27
		Recuento esperado	4,7	14,1	5,4	2,6	,1	27,0
	Muy Malo	Recuento	0	0	0	24	2	26
		Recuento esperado	4,5	13,6	5,2	2,5	,1	26,0
Total	Recuento		66	199	76	37	2	380
	Recuento esperado		66,0	199,0	76,0	37,0	2,0	380,0

Muy Bueno (MB) la ruta es la adecuada, Bueno (B) la ruta es adecuada pero no satisface, Regular (R) La ruta podría mejorar, Malo (M) La ruta no cubre las expectativas, Muy Malo (MM) No es la adecuada

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

mediante el cálculo de la hipótesis se obtuvieron los valores que se muestran en la Tabla 4.32.

**Tabla 4. 31** Determinación de las frecuencias observadas y esperadas

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	865,693 <sup>a</sup>	16	,000
Razón de verosimilitud	720,826	16	,000
Asociación lineal por lineal	333,113	1	,000
N de casos válidos	380		

a. 9 casillas (36,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,14.

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

El Chi cuadrado ( $\lambda^2$ ) calculado es igual a 865.693.

Los grados de libertad GL se obtiene a partir de:

$$GL = (\# \text{ filas} - 1) * (\# \text{ Columnas} - 1) \quad \text{ecuación 4.4}$$

$$GL = (5 - 1) * (5 - 1)$$

$$GL = 16$$

Para obtener el valor de Chi cuadrado de la Tabla 4.31 se trabaja con un nivel de significancia alfa ( $\alpha$ ) = 5% (0.05).

Para contrarrestar la hipótesis se debe analizar la condición si:

$\lambda^2 \text{ calculado} \leq \lambda^2 \text{ tabla} = \text{Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa}$

$\lambda^2 \text{ calculado} \geq \lambda^2 \text{ tabla} = \text{Se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula}$



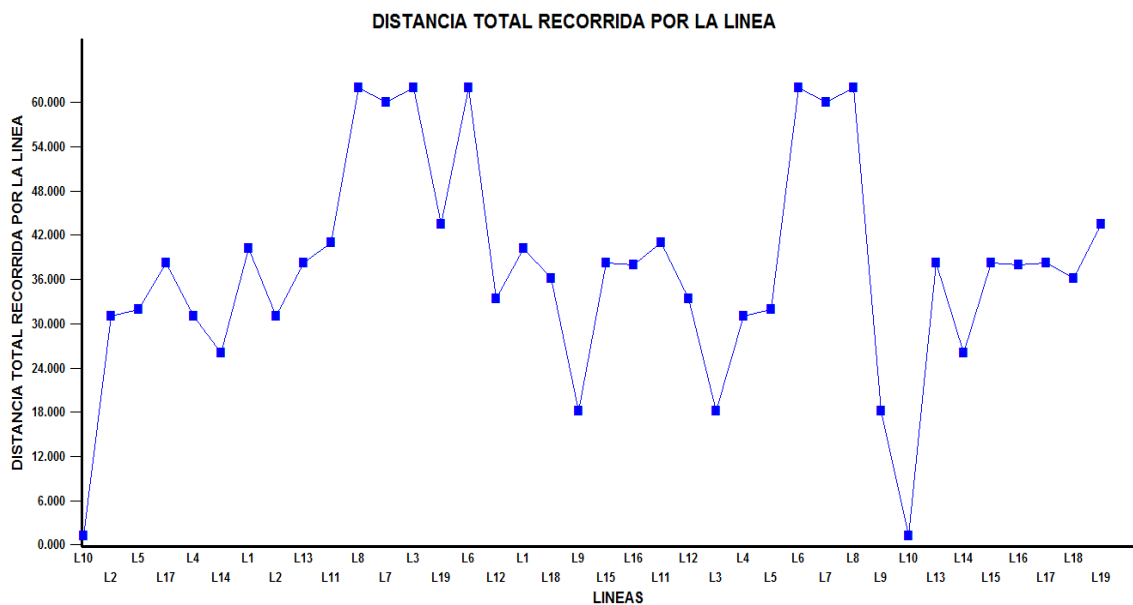
**Tabla 4. 32** Distribución Chi cuadrado

Grados de libertad, <i>gl</i>	Área de la cola derecha			
	0.10	0.05	0.02	0.01
1	2.706	3.841	5.412	6.635
2	4.605	5.991	7.824	9.210
3	6.251	7.815	9.837	11.345
4	7.779	9.488	11.668	13.277
5	9.236	11.070	13.388	15.086
6	10.645	12.592	15.033	16.812
7	12.017	14.067	16.622	18.475
8	13.362	15.507	18.168	20.090
9	14.684	16.919	19.679	21.666
10	15.987	18.307	21.161	23.209
11	17.275	19.675	22.618	24.725
12	18.549	21.026	24.054	26.217
13	19.812	22.362	25.472	27.688
14	21.064	23.685	26.873	29.141
15	22.307	24.996	28.259	30.578
16	23.542	26.296	29.633	32.000
17	24.769	27.587	30.995	33.409

**Fuente:** Spiegel, M. R. (2010)

Desacuerdo a lo establecido con el nivel de significancia de 0.05 y con 16 grados de libertad se obtiene un  $\lambda^2_{calculado} = 865.693$  que es mayor al de tablas  $\lambda^2_{tabla} = 26.296$ , por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula, lo que nos indica que el estudio de rutas y frecuencias si incide en el sistema óptimo de transporte público-urbano.

Además, las líneas de transporte se ven afectadas por la distancia que recorre cada una de las rutas.



**Figura 4. 38** Distancia total recorrida por línea

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. De la información levantada se pudo concluir que la línea 12 sigue una trayectoria ineficaz ya que no cubre con la demanda de pasajeros adecuada lo que ocasiona la molestia por parte de los usuarios.
2. Las aplicaciones de las variables de estudio al sistema de transporte tales como frecuencia, capacidad de pasajeros brindan una ventaja considerable en la optimización de cobertura de rutas.
3. En relación al proyecto de investigación DIDE “Planificación y optimización de un sistema integral de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en la ciudad de Ambato”. El rendimiento promedio diario en consumo de combustible de cualquier línea de transporte es de 20.73 Km/galón en un tiempo total 14 horas, es decir en promedio una unidad de transporte gasta 30 USD en diésel que representa un valor anual de 10,950 USD por unida de transporte.
4. Mediante la función objetivo obtenida y programada en el software Lingo para minimización se pudo obtener valores de demanda de pasajeros y frecuencias necesarias para asignar al software TransCAD que permitió trazar las nuevas rutas de recorrido.

5. La programación de los algoritmos en el software TransCAD permitió evidenciar la trayectoria con el menor tiempo de recorrido, siendo la ruta más corta la Línea 4 y 11 con una duración de recorrido de 1 hora con 10 min a velocidad media de 4m/h y 1 hora y con 7 minutos con velocidad media de 49km/h respectivamente.
6. La hora considerada como pico o de mayor afluencia de pasajeros en el transporte público va de 06:00 am a 07:45 minutos de la mañana donde el promedio total de pasajeros es de 1269, al medio día de 11:38 minutos hasta las 13:30 minutos un promedio de 1539 y en la tarde de 17:08 minutos hasta las 19:30 minutos con un total de 1715 pasajeros. La hora considerada de mayor afluencia de pasajeros en el transporte público maneja un promedio total de 1715 pasajeros entre todas las líneas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Desarrollar un rediseño de rutas y frecuencias de transporte público-urbano para mejorar el servicio y garantice el cumplimiento y la cobertura en las rutas más críticas.
2. Indicar rutas alternas en caso de reparación de vías de manera que el tiempo de movilización y la frecuencia de pasada en función de la demanda de no se vea afectada.
3. Modificar las unidades del sistema de transporte urbanos ya que el 35% de los encuestados con respecto a la pregunta 9 considera que las unidades no brindan la comodidad necesaria.
4. Establecer un carril exclusivo solo para buses urbanos para reducir el tiempo de movilización origen destino a través de un diseño de carriles exclusivo para autobuses.
5. Debido al crecimiento exponencial de la población en la ciudad de Ambato el estudio de rutas y frecuencias se debe analizar de manera anual la demanda de pasajeros para reducir la frecuencia de abastecimiento de autobuses en una línea.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 TEMA

Rediseño de rutas y frecuencias de transporte público-urbano para disminuir los tiempos de espera y desplazamientos entre el origen y destino.

#### 6.2 DATOS INFORMATIVOS

- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, Maestría en Gestión de Operaciones
- **Beneficiarios:** Usuarios del Transporte Público Urbano de la ciudad de Ambato
- **Ubicación:** Zona urbana de la ciudad de Ambato
- **Equipo Técnico responsable:** Autor y director de la Investigación
- **Financiamiento:** Recursos propios del autor de la investigación

### **6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Del análisis de rutas y frecuencias en la ciudad de Ambato se obtuvo que las rutas con mayor demanda de pasajeros son las líneas que cubren las Líneas L10 (La joya Parque Industrial), L2 (Ficoa -Terremoto) y la Línea L6 (Huachi chico Atahualpa), son las líneas con mayor demanda de pasajeros por hora

Rediseñar rutas que permitan reducir el tiempo de origen-destino mediante el transporte público-urbano en las rutas con mayor demanda de pasajeros por hora.

### **6.4 JUSTIFICACIÓN**

En la ciudad de Ambato el transporte público posee una gran demanda de usuarios los cuales exigen mayor cobertura en las rutas establecida y tiempos de espera mínimos, es decir que su frecuencia de pasada por parada sea la idónea esto según estudios previos.

El presente rediseño tiene como objetivo desarrollar nuevas rutas para transporte público-urbano dentro del recinto urbano de la ciudad de Ambato y conseguir disminuir los tiempos de recorrido origen-destino; también hallar la ruta con mayor demanda de pasajeros y minimizar el tiempo de una unidad por un punto, esto conocido como frecuencia, de esta manera mejorar la viabilidad en la zona centro del país, esto como norma fundamental del plan de ordenamiento territorial.

### **6.5 OBJETIVOS**

#### **6.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar rutas y frecuencias de transporte urbano electrificado para disminuir los tiempos de espera y de desplazamientos entre el origen y destino.

#### **5.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Determinar mediante el software TransCAD las rutas más adecuadas para el transporte urbano electrificado para minimizar los tiempos de desplazamiento origen destino.
- 2.-Determinar la distancia total recorrida para las nuevas rutas establecidas mediante el Software TransCAD en dos escenarios.
- 3.-Establecer la velocidad media adecuada para cumplir con los requisitos mínimos de desplazamiento de origen destino.

## **6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El presente rediseño es factible ya que permite mejorar las rutas ya establecidas por las diferentes cooperativas a través de la dirección de tránsito y movilidad como órgano regulador y que permita reducir los tiempos de movilización de origen-destino para optimizar la frecuencia de pasada, además reducirá el tráfico vehicular en la zona centro en la ciudad de Ambato

El rediseño además está sustentado bajo normativa técnicas internacionales y basado en modelos de programación matemática como lo es Baaj Mahamassani que minimizara tiempos de recorrido y tiempos de espera

## **6.7 FUNDAMENTACIÓN**

La normativa legal en la que se sustenta el presente rediseño son:

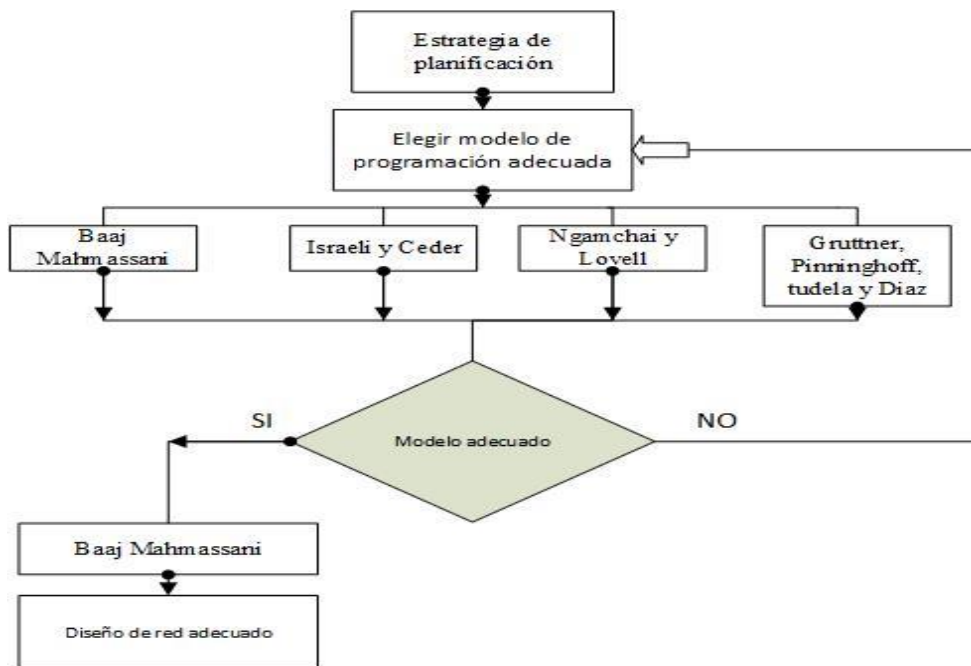
1. Plan de ordenamiento territorial (POT) 2017
2. Real decreto 1317/91.-Normativa actual sobre pesos y dimensiones en España
3. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000. Emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diésel mediante el método de aceleración libre.
4. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 038 (2R):2011. Requisitos para la operación de bus y minibús urbano.
5. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 205:2010. Requisitos que deben cumplir los buses y minibuses diseñados para transporte urbano.
6. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3779:2000. Especifica el contenido y estructura del número de identificación de un vehículo (VIN) con el fin de establecer,

sobre una base mundial, un sistema de numeración alfanumérica para vehículos automotores.

7. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 042:2009. Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir los espacios de uso público y privado, para definir las condiciones de accesibilidad de todas las personas.
8. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 243:2010. Establece las dimensiones mínimas y las características funcionales de construcción que deben cumplir las vías de circulación peatonal.

## 6.8 MÉTODOLÓGIA

La metodología utilizada para el presente rediseño de rutas y frecuencias se basa en el modelo de Baaj y Mahamassani, esto debido a que es el que más se adapta a las necesidades de la ciudad de Ambato. La Figura 6.1 muestra un diagrama de secuencia a seguir en la obtención del rediseño.



**Figura 6. 1** Secuencia de elección para modelo de programación

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

Para la obtención de las rutas adecuadas se desarrolló a partir de un grafo elaborado en el Software TransCAD mediante el cual se ingresa las funciones objetivas obtenidas en el estudio para así obtener las trayectorias de las rutas adecuadas.

### 6.8.1 DISEÑO DEL ALGORITMO DE RUTA

Mediante el RGA (Route Generation Design Algorithm) se obtendrá las diferentes rutas adecuadas de las cuales se haya obtenido la mayor demanda de pasajeros.

El algoritmo que se genera es de tipo heurístico y está asociado a la matriz de frecuencia de rutas y demanda de pasajeros ver Tabla 4.20.


**Tabla 6. 1** Matriz de frecuencias con líneas críticas

<b>MATRIZ DE FRECUENCIAS, PARADAS, DURACIÓN DE PARADAS Y # PASAJEROS VS LINEAS</b>										
<b>LÍNEAS</b>	<b>HORA NORMAL</b>					<b>HORA PICO</b>				
	<b>fr1 (Buses/Hora)</b>	<b># de Paradas</b>	<b># de Pasajeros</b>	<b>Duración promedio de las paradas hh:min:seg</b>	<b>Velocidad Promedio Km/h</b>	<b>fr2 (Buses/Hora)</b>	<b># de Paradas</b>	<b># de Pasajeros</b>	<b>Duración promedio de las paradas hh:min:seg</b>	<b>Velocidad Promedio Km/h</b>
L2	16	41	68	0:01:15	40	19	45	120	0:01:30	37
L6	13	31	97	0:01:38	49	16	32	132	0:01:59	45
L10	16	35	90	0:01:02	51	16	35	140	0:01:26	47
L13	9	38	75	0:01:15	49	11	37	121	0:01:49	42



**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 6.1 muestra las cuatro líneas de las cooperativas con mayor demanda de pasajeros.

**Tabla 6. 2** Identificación de líneas y trayectorias por colores

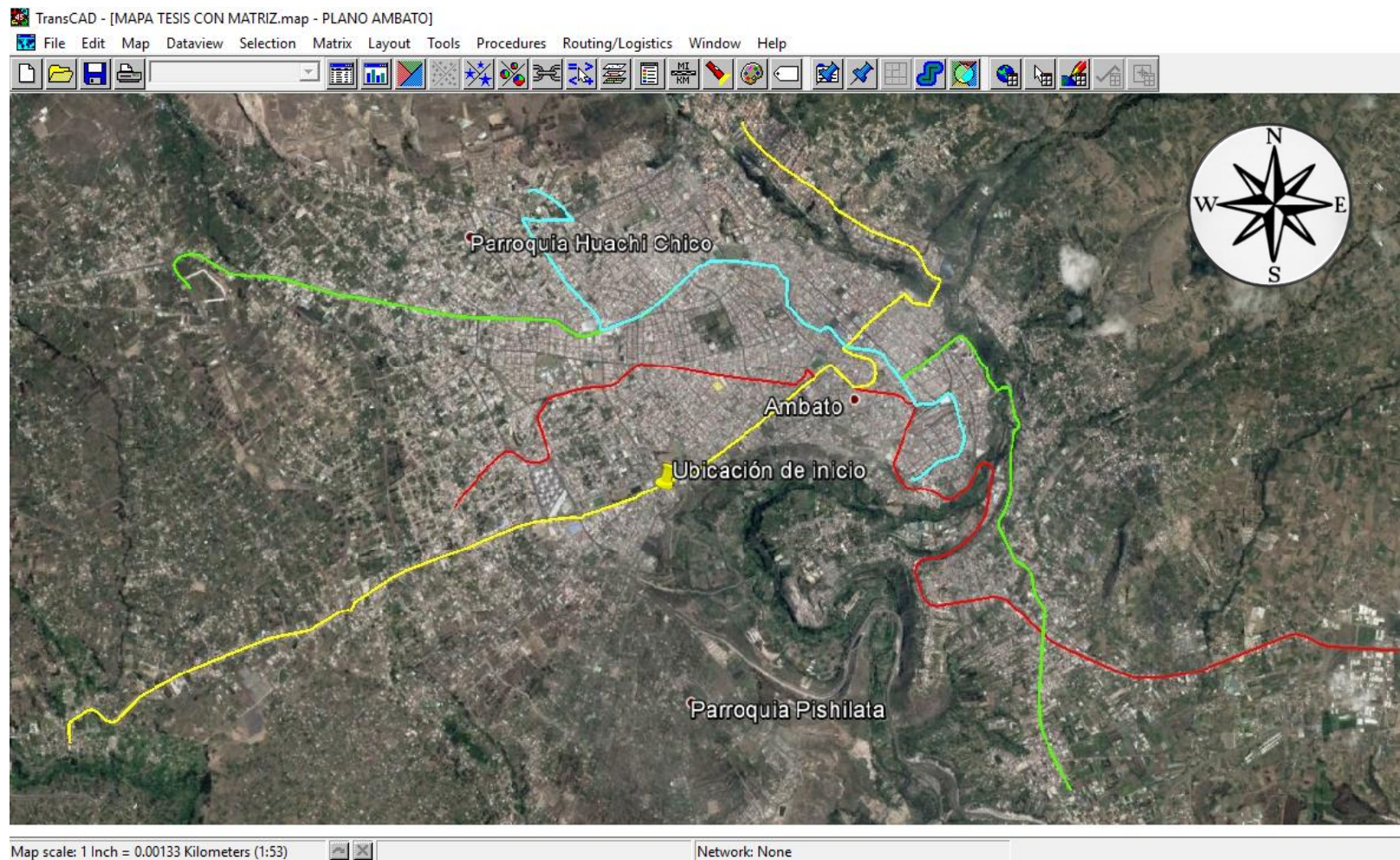
<b>IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS Y TRAYECTORIAS POR COLORES</b>				
<b>LÍNEAS</b>	<b>COOPERATIVA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>SÍMBOLO</b>
	L2	Tungurahua	Ficoa	Terremoto
L6	Tungurahua	Huachi Grande	Atahualpa	



L10	Unión	La Joya	Parque Industrial	
L13	Libertadores	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Tabla 6.2 muestra el origen y destino de cada línea de transporte, la columna de símbolo identifica el color de la trayectoria que sigue una unidad de transporte en la Figura 6.2



**Figura 6. 2** Rutas de trayectoria para transporte público-urbano

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

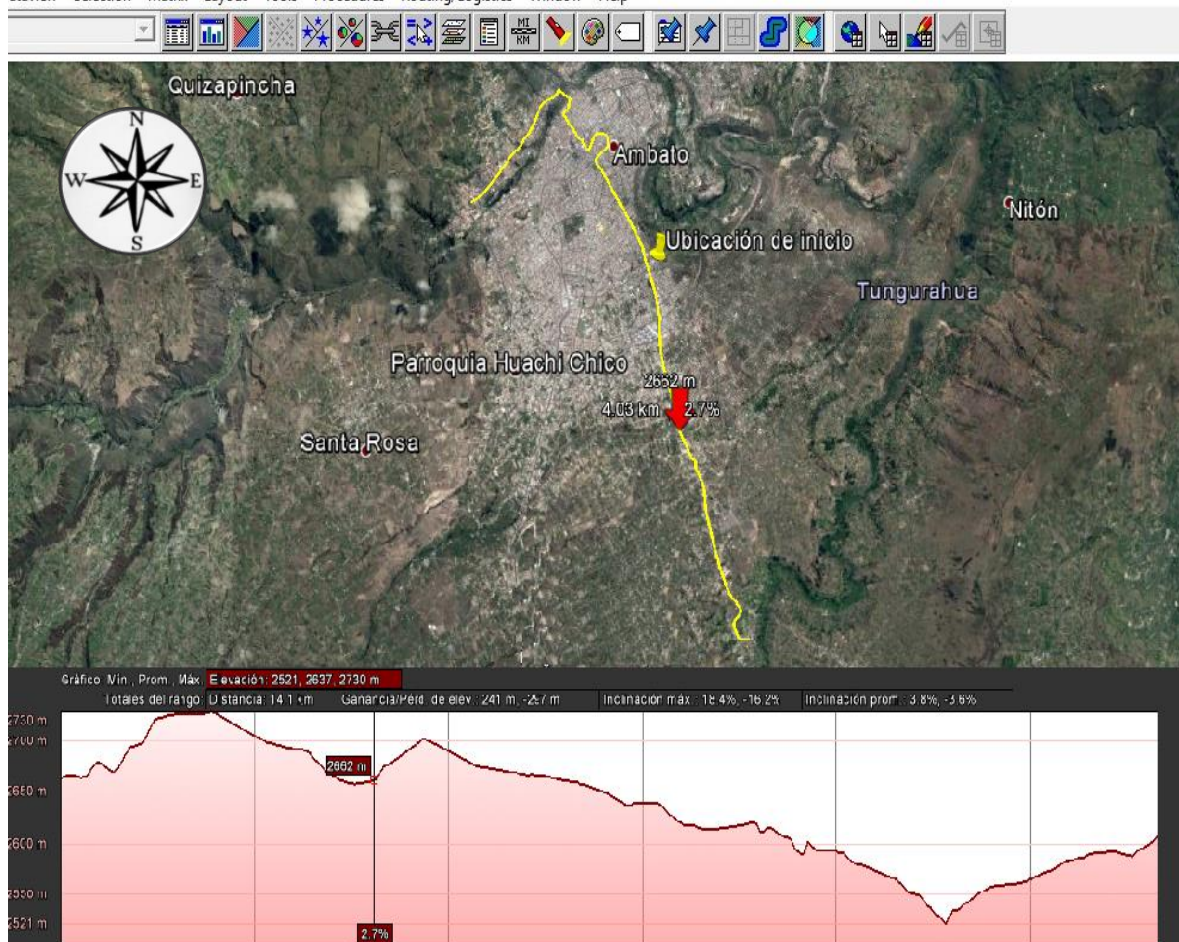
La Tabla 6.3 muestra en su primera columna la línea de cada unidad de transporte, la segunda columna muestra la trayectoria de las cuatro posibles alternativas dentro del rediseño de rutas tomando como punto de partida su origen y destino

**Tabla 6. 3** Identificación de las rutas de circulación TUEA<sup>3</sup>

<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍAS DE CIRCULACIÓN</b>			
<b>LINEA</b>	<b>TRAYECTORIA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
L2	Totoras (Ruta E30), Av. Bolivariana, Av. El Rey, Av. De los Andes, Avenida 12 de noviembre, Av. González Suarez Av. Unida Nacional, Av. Julian Coronel, Av. Dr. Rodrigo Pachano. Av Los Capulies, Av. Los Guaytambos, Ficoa las Palmas	Ficoa	Terremoto
L6	Huachi Grande-Nuevo Terminal terrestre, Paso Lateral, Panamericana Sur, Av. Atahualpa, 13 de Abril, Av. 12 de Noviembre, Unidad Nacional, Av. Julián Coronel, Ruta E35, Redondel de Izamba, Ruta Izamba, Ruta Corazón de Jesús	Huachi Chico	Atahualpa
L10	Av. Carlos Amable Ortiz, Av. Julio Jaramillo, Av. Luis Alberto Valencia Córdova, Av. El Cóndor, Av. 10 de agosto, Av. Los Atis, Av. Los Chasquis, Oriente, Azuay, Av. Bolivariana, Av. El rey, Av. Indoamérica, Redondel de Izamba, Ruta E 35, Parque Industrial	La Joya	Parque Industrial
L13	Av. Antonio Clavijo, Av. Manuelita Sáenz, Av. Víctor Hugo, Av. Atahualpa, Av. 13 de Abril, Av. 12 de Noviembre, Av. Redondel de Cumanda, Av. El Rey, Av. de las Américas	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

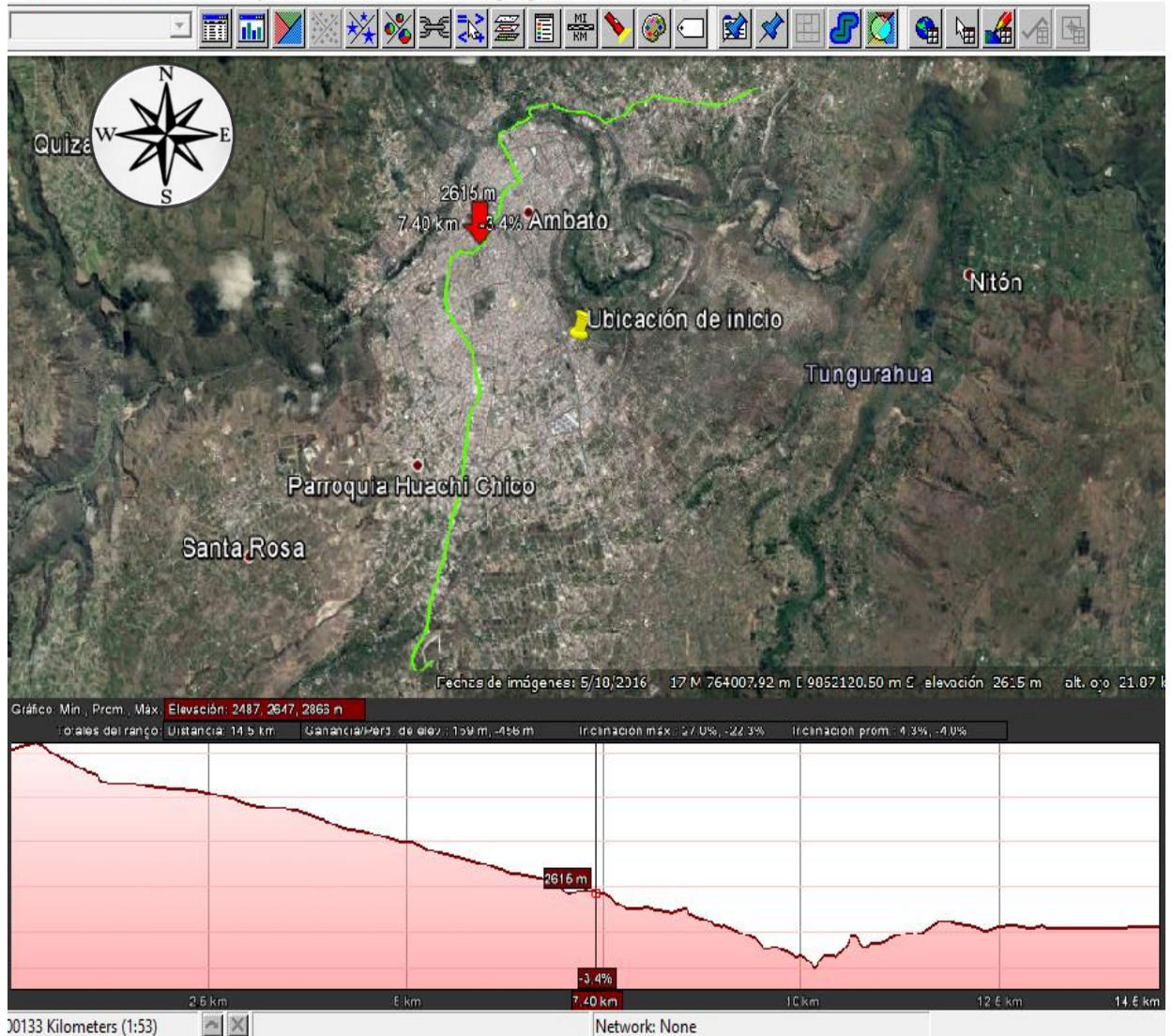
<sup>3</sup> TUEA. -Transporte Urbano electrificado Ambato



**Figura 6.3** Trayectoria del recorrido totoras Ficoa

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

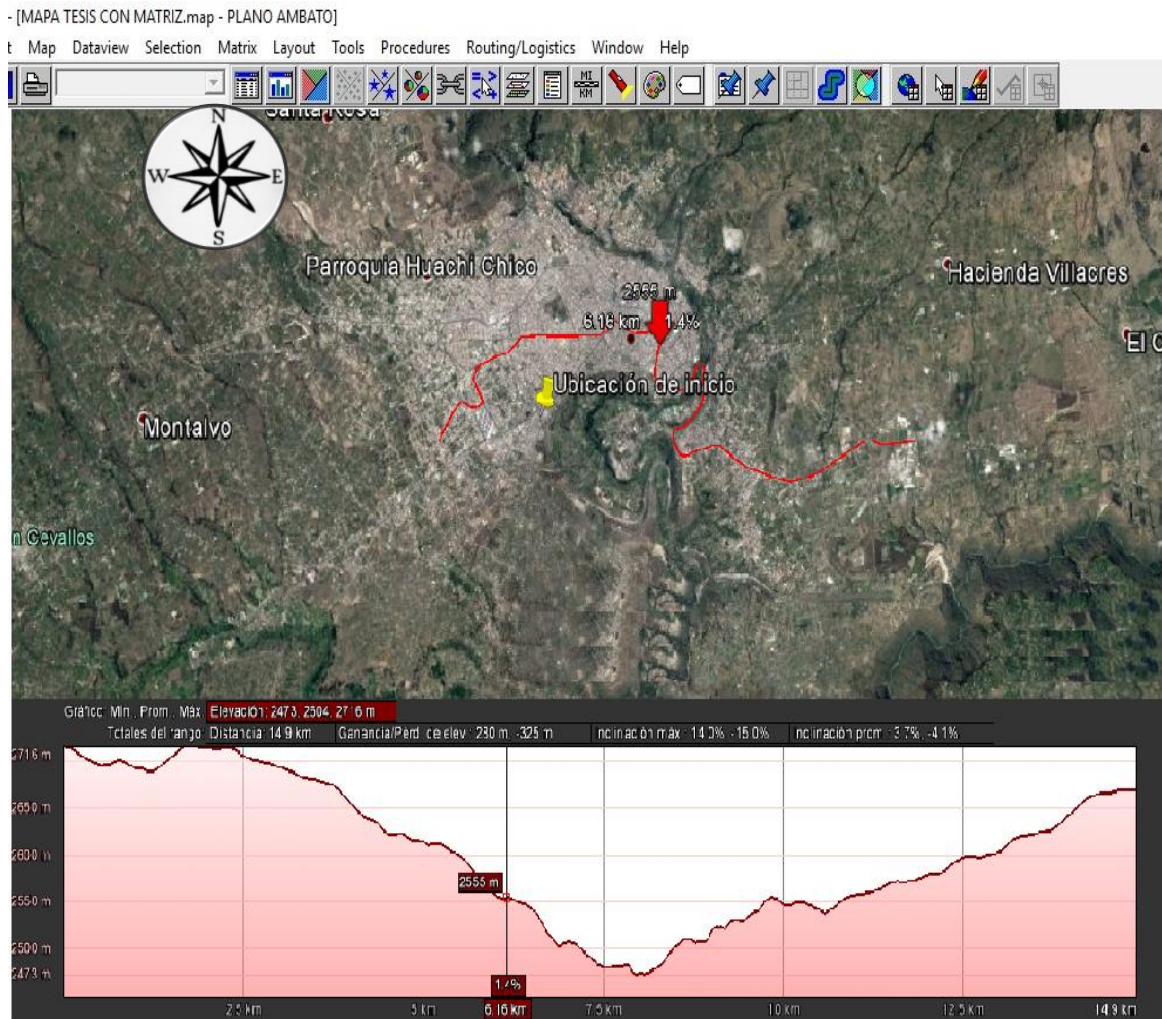
La Figura 6.3 muestra la nueva trayectoria de recorrido de la línea totoras Ficoa con una distancia total de recorrido de 35.5 Km con una velocidad promedio de 27Km/h y un tiempo promedio aproximado de duración durante el viaje de 1 hora y 19 minutos (78 min)



**Figura 6. 4** Trayectoria del recorrido Huachi grande – Izamba

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

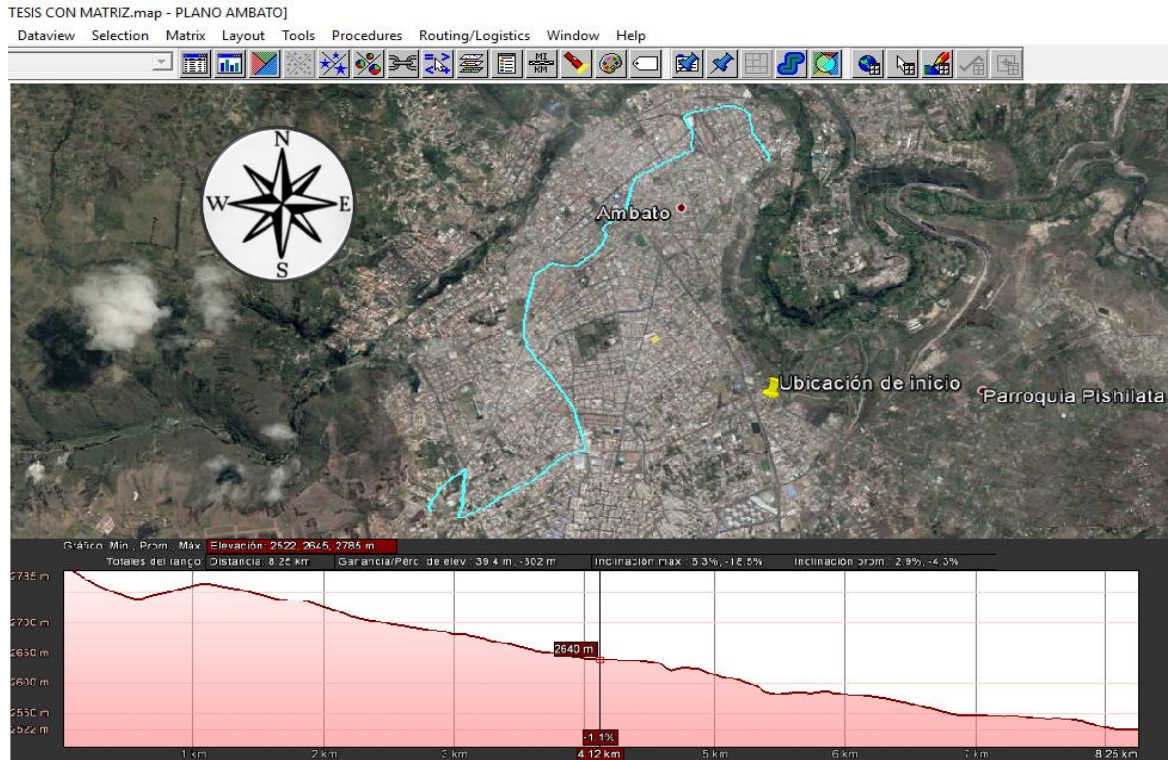
La Figura 6.4 muestra la nueva trayectoria de recorrido huachi grande –Izamba: Inicia su recorrido en el paso lateral sector del nuevo terminal terrestre, tiene una duración total del viaje de 0.98 horas con un recorrido total de 34.5 Km y una velocidad media de 27 Km/h



**Figura 6. 5** Trayectoria del recorrido la joya – Parque Industrial

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 6.5 muestra la nueva trayectoria de recorrido de la joya - parque industrial, Inicia su recorrido en el sector de la joya y termina en el sector del parque industrial con una distancia total de recorrido de 34.9 Km, con una velocidad media aproximada de 37 Km/h.



**Figura 6. 6** Trayectoria del recorrido Seminario Mayor - Ingahurco

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

La Figura 6.6 muestra la trayectoria de recorrido de la línea 13. Su origen de partida es el sector del seminario mayor y finaliza en Ingahurco. Tiene una distancia total de recorrido de 38.24 Km con una velocidad promedio de 32 Km/h y con una duración total de 1.19 horas.

Para el desarrollo de los escenarios se identifica la distancia de recorrido en Km para las rutas generadas con mayor demanda de pasajeros

**Tabla 6. 4** Distancia de recorrido de las nuevas rutas trazadas

<b>DISTANCIA DE RECORRIDO PARA RUTAS</b>			
<b>LINEA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>Distancia total (Km)</b>
L2	Ficoa	Terremoto	35.5
L6	Huachi Grande	Atahualpa	34,5
L10	La Joya	Parque Industrial	34,9
L13	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	38,2

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

Para la elección adecuada de la ruta se presentan tres entornos a partir del cual se toma aquel que brinde mejores garantías y servicios a los usuarios del transporte urbano. El rendimiento en consumo de combustible en (Km/galón) se calcula mediante la ecuación 4.3

**Tabla 6. 5** Entornos de estudio para las diferentes rutas generadas

<b>ENTORNOS DE ESTUDIO PARA SELECCIÓN DE RUTAS</b>				
<b>LINEA</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>Entorno A</b>	<b>Entorno B</b>	<b>Entorno C</b>
L2	Trayectorias	1	1	1
	Frecuencias (Buses/Hora)	19	21	23
	Velocidad Media (Km/h)	27	40,2	42,5
	# Pasajeros sentados y de pie	120	118	110
	Distancia Total recorrida (km)	35,5	38,7	39,5
	Duración de la parada (min)	1,1	0,90	1,0
	Duración total del viaje (min)	78,89	57,76	55,76
	Eficiencia en velocidad	54%	80%	85%
	Costo galón de diesel (\$)	1,20	1,20	1,20
	Rendimiento en consumo de combustible (Km/galón)	16,57	18,06	18,43
	# Paradas establecidas	45	45	45
L6	Trayectorias	1	1	1
	Frecuencias (Buses/Hora)	16	17	19
	Velocidad Media (Km/h)	35	47,1	48,7
	# Pasajeros sentados y de pie	132	125	120
	Distancia Total recorrida (km)	34,5	35,7	46
	Duración de la parada (min)	1,1	0,95	0,85
	Duración total del viaje (min)	59,14	45,48	56,67
	Eficiencia en velocidad	70%	94%	97%
	Rendimiento en consumo de combustible (Km/galón)	16,10	16,66	21,47
	# Paradas establecidas	32	32	32
L10	Trayectorias	1	1	1
	Frecuencias (Buses/Hora)	11	12	15
	Velocidad Media (Km/h)	37	47,5	48,1
	# Pasajeros sentados y de pie	140	135	128
	Distancia Total recorrida (km)	34,9	40,9	44,9
	Duración total de la parada (min)	1,25	1,12	1,1
	Duración total del viaje (h)	56,59	51,66	56,01
	Eficiencia en velocidad	74%	95%	96%



	Rendimiento en consumo de combustible (Km/galón)	16,29	19,09	20,95
	# Paradas establecidas	35	35	35
L13	Trayectorias	1	1	1
	Frecuencias (Buses/Hora)	11	15	17
	Velocidad Media (Km/h)	32	44,4	47,1
	# Pasajeros sentados y de pie	121	118	109
	Distancia Total recorrida (km)	38,24	40,24	43,24
	Duración total de la parada (min)	1,02	0,99	0,95
	Duración total del viaje (min)	71,70	54,38	55,08
	Eficiencia en velocidad	64%	89%	94%
	Rendimiento en consumo de combustible (Km/galón)	17,85	18,78	20,18
	# Paradas establecidas	37	37	37

por: Leonardo Sánchez

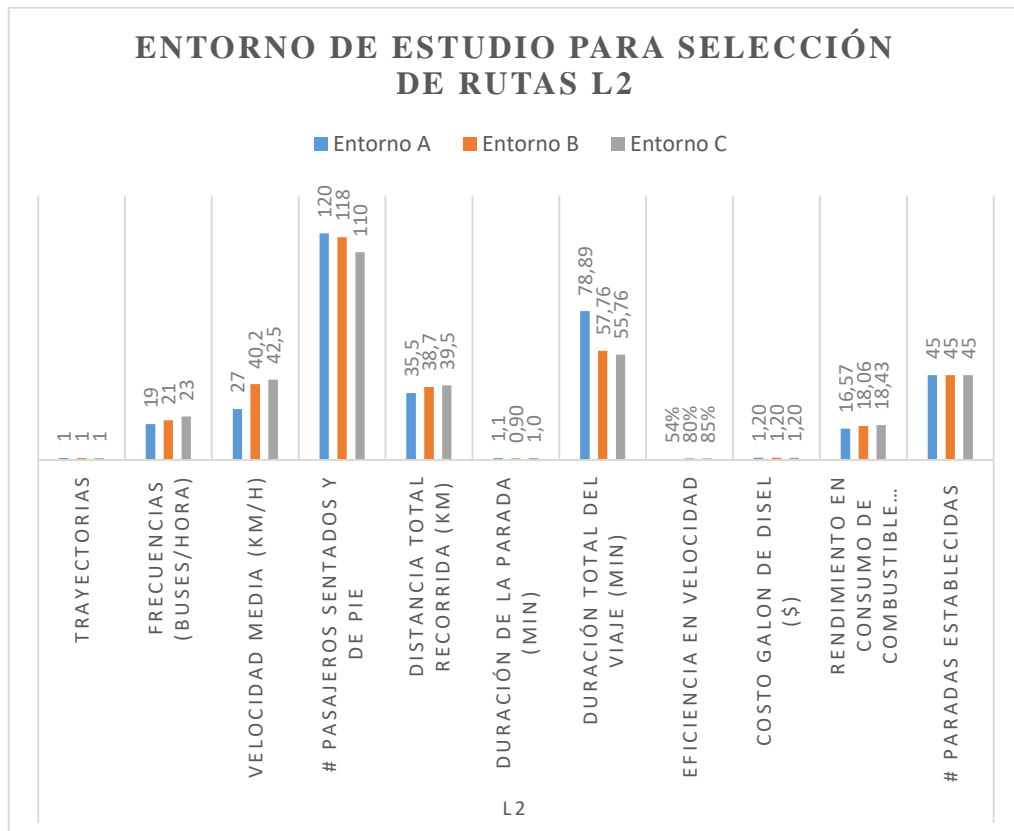


Figura 6. 7 Entorno de estudio para L2

Elaborado por: Leonardo Sánchez

Los valores obtenidos de la Tabla 6.5 se muestran en el diagrama de barras de la Figura 6.7

### Análisis de resultados Figura 6.7

La línea 2 que tiene como origen de partida terremoto y destino Ficoa maneja tres entornos posibles presentados para la Figura 6.7, muestran que para una velocidad media de 27 km/h el entorno A lleva un total de 120 pasajeros de los cuales 100 pasajeros viajan sentados y 20 pasajeros de pie en total durante su trayecto y representa un costo de movilización aproximado de \$32 USD por cada 100 personas. El entorno B lleva un total 118 pasajeros de los cuales 88 viajan sentados y 30 de pie con una velocidad media de 40.2 Km/h con una duración de 0.96 horas y representa un costo de movilización de \$35 USD por cada 100 personas. El entorno C lleva un total de 110 pasajeros de los cuales 84 viajan sentados y 26 de pie con una duración total de 0.93 horas y un costo de movilización de 36 dólares.

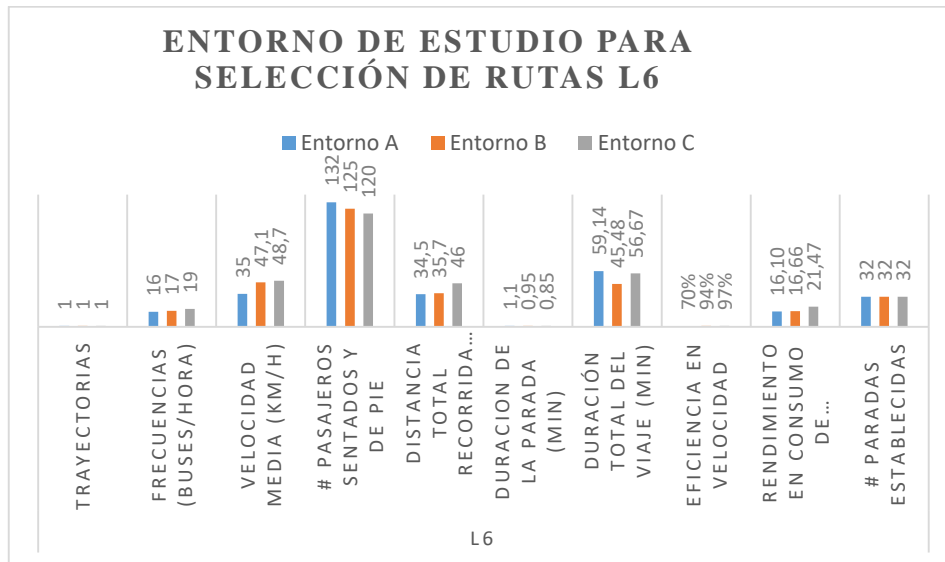


Figura 6. 8 Entorno de estudio para L6

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### Análisis de resultados Figura 6.8

La línea 6 que tiene como origen de partida huachi grande sector del nuevo terminal terrestre y destino Atahualpa, maneja tres entornos posibles. El entorno A que se desplaza a una velocidad media de 35Km/h y cubre una distancia total de 34.5 Km con una capacidad de 132 pasajeros de los cuales 102 viajan sentados y 30 pasajeros de pie, maneja un costo

promedio de movilización \$32 USD por cada 100 personas. El entorno B maneja un total de 125 pasajeros de los cuales 95 pasajeros van sentados y 30 pasajeros van de pie con una distancia total recorrida de 38.7 km con una velocidad de desplazamiento de 40.2Km/h, con un costo de movilización de \$34 USD por cada 100 personas. El entorno C Se desplaza a una velocidad media de 42.5Km/h con llevando consigo un total de 120 pasajeros de los cuales 85 personas viajan sentadas y 25 personas de pie, con un costo de movilización de \$30 USD por cada 100 personas.

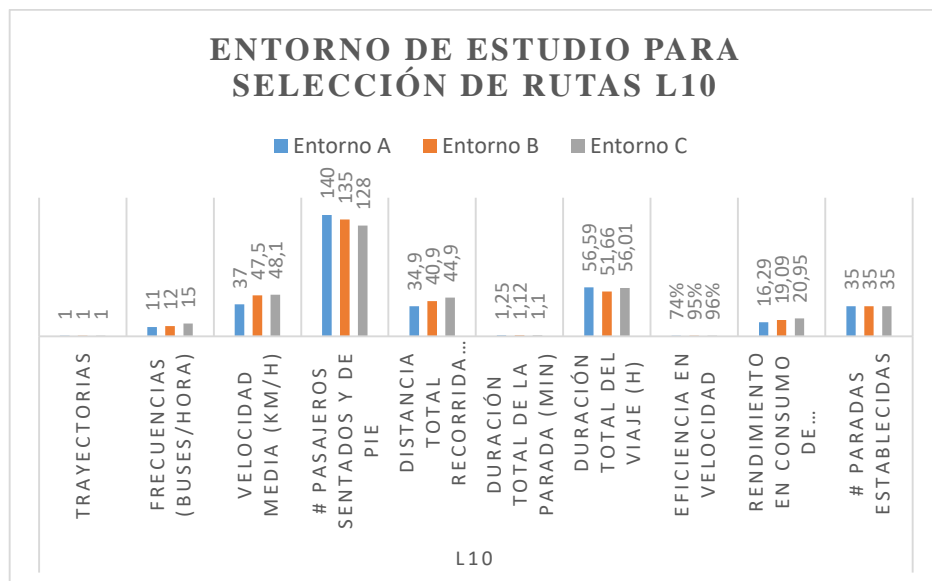
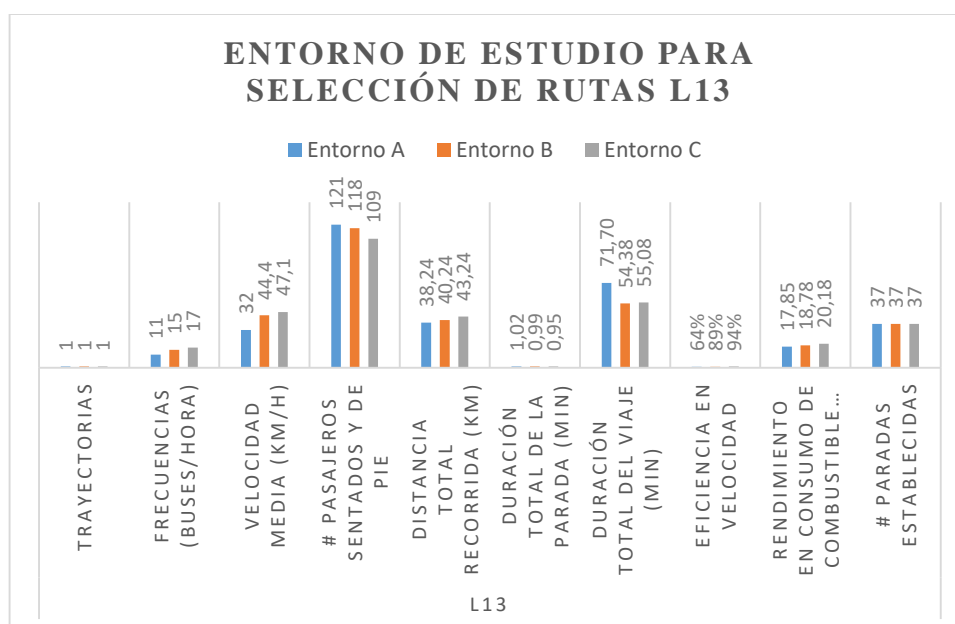


Figura 6.9 Entorno de estudio para L10

Elaborado por: Leonardo Sánchez

### Análisis de resultados Figura 6.9

La línea 10 que tiene como origen de partida la joya y destino parque industrial, maneja tres entornos posibles. El entorno A que se desplaza a una velocidad media de 37Km/h y cubre una distancia total de 34.9 Km con una capacidad de 140 pasajeros de los cuales 110 viajan sentados y 30 pasajeros de pie, con un costo total de movilización de \$38 USD por cada 100 personas. El entorno B maneja un total de 105 pasajeros sentados y 30 pasajeros de pie con una distancia total recorrida de 40.9 km con una velocidad de desplazamiento de 407.5Km/h. con un costo de movilización aproximado de \$37 USD por cada 100 personas. El entorno C Se desplaza a una velocidad media de 48.1 Km/h llevando consigo 103 personas sentadas y 25 personas de pie con un costo total de movilización de \$36 USD por cada 100 personas.



**Figura 6. 10** Entorno de estudio para L13

**Elaborado por:** Leonardo Sánchez

### **Análisis de resultados Figura 6.10**

La línea 13 que tiene como origen de partida el sector del seminario mayor y destino Ingahurco bajo, maneja tres entornos posibles. El entorno A que se desplaza a una velocidad media de 32Km/h y cubre una distancia total de 38.24 Km con una capacidad 121 pasajeros de los cuales 100 pasajeros viajan sentados y 21 pasajeros de pie con un costo de movilización de \$39.25 USD por cada 100 personas. El entorno B maneja un total de 91 pasajeros sentados 27 pasajeros de pie con una distancia total recorrida de 40.24 km con una velocidad de desplazamiento de 40.2Km/h con un costo aproximado de movilización de \$38.29 USD por cada 100 personas. El entorno C Se desplaza a una velocidad media de 47.7 Km/h llevando consigo 85 personas sentadas y 24 personas de pie con un costo de movilización de \$37.75 USD por cada 100 personas.

## 6.9 CONCLUSIONES

Una vez finalizado el estudio de rutas y frecuencias para la ciudad de Ambato se concluye que:

- Las nuevas rutas obtenidas por el software TransCAD para un medio de transporte con carril único es la línea 2 en el entorno C que tiene como origen de salida terremoto y destino Ficoa con una distancia total en recorrido de 39.6 Km con una eficiencia en velocidad del 85% y línea 6 el entorno C que tiene como origen de salida huachi grande y destino Atahualpa con una distancia total en recorrido de 37.2 km con una eficiencia en velocidad de 97% que cumplen con la demanda promedio de pasajeros y con la geografía de ruta adecuada.
- El rendimiento diario en combustibles en el entorno C para la línea 2 es de 18.43 con una distancia total recorrida diaria de 553 Km con un consumo total diario de 30 USD; mientras que el rendimiento diario en combustible para la línea 6 en el entorno C es de 21.47 con una distancia total recorrida diaria de 644 Km, con un consumo total diario de 30 USD. Lo que implica un incremento en la eficiencia en consumo de combustible para la línea 2 del 0.93 con respecto al anterior y de 0.47 para la línea 6.
- La velocidad media para las líneas 2 en el entorno C es de 42.5 Km/h con una duración en la parada para ascenso de pasajeros de 0.85 min(51seg). En el entorno C para línea 6 la velocidad es de 48.7 Km/h, con una duración de tiempo de espera para ascenso de pasajeros de 0.85min (51seg).
- La Figura 6.2 muestra las cuatro alternativas posibles de rutas de autobuses con carril único en tres posibles entornos; es importante considerar que cada una de ella fue determinada en función de la demanda de pasajeros.
- El tiempo de duración de paradas para ascenso de pasajeros en cada entorno varía en función de la demanda, cobertura de la ruta y frecuencia (ver Tabla 6.5). por lo que están consideradas a variación.

## 6.10 RECOMENDACIONES

Finalizado el estudio se recomienda:

- Revisar la eficiencia en la velocidad en posteriores estudios debido a que aumenta a medida que se acerca a los límites de velocidad en la zona urbana de 50 Km/h, se recomienda no llegar al límite de velocidad establecido por la ley.
- La distancia recorrida por las unidades de transporte tiene una variación de 1Km, debido a las variaciones en desplazamiento, se recomienda tomar en cuenta el margen de error para futuros estudios
- El rendimiento en consumo de combustible tiene una variación de 5 dólares para los cálculos de rendimiento debido a que algunas unidades poseen motores reparados, mientras que otras unidades no.
- La velocidad media calculada para cada entorno está en función del desplazamiento sobre un carril único para transporte urbano, y no en un carril mixto, por lo que se recomienda tomar en cuenta este factor en análisis posteriores.
- Realizar un estudio en diseño de carriles que permitan la circulación de buses en carril único con el fin de evitar la invasión de vehículos particulares en las mismas

## BIBLIOGRAFIA

- Abreu, J. L. (2012). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación (Hypothesis, Method & Research Design). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187-197.
- Albornoz, V. M., & Johns, E. H. (2011). Localización de paraderos de detención y diseño óptimo de rutas en el transporte de personal. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 457-472.
- Aldás, M. R., & Flores, M. J. (2016). Modelo origen destino para estimar el flujo de tráfico usando algoritmos genéticos. *Maskana*, 65(Supl.).
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., & Pozo, V. G. (2001). *Estadística para administración y economía*: International Thomson.
- Arias, F. G. (1999). *El proyecto de investigación*: Fidias G. Arias Odón.
- Bellman, R. E., & Dreyfus, S. E. (2015). *Applied dynamic programming*: Princeton university press.
- Bobi, J. d. D. S., Marcos, F. J., Ruiz, M. Á. L., & García, J. L. (2010). Herramienta de Simulación para el dimensionamiento de líneas ferroviarias electrificadas.
- Castañeda Jiménez, J., & Cardona Arias, J. A. (2014). Implementación del método del ahorro para resolver el VRP aplicado al diseño de una red de logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generado en los puntos de acopio ubicados en Pereira.
- Cavendish, D., & Gerla, M. (1998). *Internet QoS routing using the Bellman-Ford algorithm*. Paper presented at the High Performance Networking.
- Ceder, A., & Israeli, Y. (1993). *Design and evaluation of transit routes in urban networks*. Paper presented at the Proceedings of the 3rd international conference on competition and ownership in surface passenger transport, Ontario, Canada.
- Ceder, A., & Wilson, N. H. (1986). Bus network design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(4), 331-344.
- Concepción, L. P., Vasquez, A. C., Contreras, W., & Alva, L. M. (2011). Análisis y Diseño de redes viales de transporte urbano usando algoritmos genéticos: Caso Lima Metropolitana. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 8(2), 53-65.
- Daza, J. M., Montoya, J. R., & Narducci, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. *Revista EIA*(12), 23-38.
- Daza, J. M., Montoya, J. R., & Narducci, F. (2013). resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases (solving the capacitated vehicle routing problem using a twophase metaheuristic procedure). *Revista EIA*, 6(12), 23-38.
- De Cea, J., & Fernández, E. (1993). Transit assignment for congested public transport systems: an equilibrium model. *Transportation science*, 27(2), 133-147.
- de Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2008). *Modelos de transporte* (Vol. 1): Ed. Universidad de Cantabria.
- dell'Olio, L., & Mourab, J. L. (2005). un modelo de diseño del sistema de transporte público urbano.
- Dell'Olio, L., Ibeas, A., & Cecin, P. (2011). The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), 217-227.
- Eksioglu, B., Vural, A. V., & Reisman, A. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1472-1483.

- García, J. A. C., Pulido, J. R. V., & Lucas, J. L. (2001). *Manual de investigación bibliográfica y documental: teoría y práctica*: Ediciones Pirámide.
- Jaramillo, P., & Lotero, L. (2009). modelo de asignacion de frecuencias, recorridos y transbordos de los usuarios del sistema de transporte público.
- Koehler, L. A., & Kraus, W. (2010). Simultaneous control of traffic lights and bus departure for priority operation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(3), 288-298.
- Lovreglio, R., Borri, D., dell'Olio, L., & Ibeas, A. (2014). A discrete choice model based on random utilities for exit choice in emergency evacuations. *Safety science*, 62, 418-426.
- Mauttone, A. (2005). Optimización de recorridos y frecuencias en sistemas de transporte público urbano colectivo. *Design*.
- Mauttone, A., Cancela, H., & Urquhart, M. (2003). *Diseño y optimización de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos*. Paper presented at the XI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.
- Mauttone, A., Cancela, H., & Urquhart, M. (2010). Diseño y optimización de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos. *Universidad de la República Facultad de Ingeniería, Uruguay*.
- Mauttone, A., Giesen, R., & Urquhart, M. (2009). *Transit network design problem: A mathematical formulation and heuristic solution*. Paper presented at the Transportation and Logistics Workshop.
- Onaindía, A. G. E. un algoritmo para la optimización de rutas de transporte.
- Reyes Vasquez, J. P., Cárdenas, D. C., Carrillo, M. G. G., & Rosero, C. H. S. (2015). Modelo de programación lineal para planeación de requerimiento de materiales. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 28(2).
- Reyes Vasquez, J. P., & Velis, C. G. M. (2014). Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio. *Revista politécnica*, 34(1).
- Rivela, B., Guayanlema, V., Corral, Á., & Quintana, P. (2015). Líneas estratégicas de acción en el sector transporte para la mitigación del cambio climático en Ecuador. *LÍNEASUR* 7, 90.
- Sánchez-Flores, Ó., & Romero-Torres, J. (2010). Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México. *Economía, sociedad y territorio*, 10(32), 49-80.
- Sarmiento Lepesqueur, A., & Quintero Araujo, C. L. (2014). Estudio del problema de ruteo de vehículos con balance de carga: Aplicación de la meta-heurística Búsqueda Tabú.
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*: Pearson Educación.
- Tebaldi, C., & West, M. (1998). Bayesian inference on network traffic using link count data. *Journal of the American Statistical Association*, 93(442), 557-573.



# ANEXOS

## ANEXO 1 Formato de encuesta

CUESTIONARIO DIRIGIDO A USUARIOS				
Nombre de la cooperativa:				
Nº de Disco:		Fecha:(dd/mm/aa)	hora:	
Línea:				
Intervalo de salida de buses				
<b>Observaciones:</b>				
-Se recomienda leer detenidamente cada una de las preguntas antes de responderlas. -Responder de manera seria cada una de las preguntas.				
1.-Se medirá el nivel de satisfacción con la escala de: Muy Bueno (MB), Bueno (B), Regular (R), Malo (M), Muy Malo (MM)				
¿Se siente usted conforme con el nivel de servicio que le ofrece la unidad de transporte?				
<b>Nivel de Buen servicio</b>				
MB	B	R	M	MM
2.-Se medirá el nivel de seguridad con la siguiente pregunta				
¿Se siente usted seguro dentro de la unidad de transporte				
<b>Nivel de seguridad</b>				
SI	NO			
3.- Se medirá el nivel de confort acústico donde: alta A, media M, baja B, Ninguna				
¿Cómo percibe usted el nivel de confort acústico dentro de la unidad?				
<b>Nivel de Confort acústico</b>				
A	M	B	N	
4.-Se medirá el nivel de satisfacción de la ruta que sigue la unidad de transporte con la escala de: Muy Bueno (MB) la ruta es la adecuada, Bueno (B) la ruta es adecuada pero no satisface, Regular (R) La ruta podría mejorar, Malo (M) La ruta no cubre las expectativas, Muy Malo (MM) No es la adecuada.				
¿Se siente usted satisfecho con el recorrido que realiza la unidad de transporte				
<b>Nivel de satisfacción de ruta</b>				
MB	B	R	M	MM
5.-Se medirá el nivel de satisfacción de frecuencia de pasada por una parada establecida, con la escala de: Muy Bueno (MB) pasa en el tiempo exacto menor o igual a 5min, Bueno (B) mayor a 5 minutos pero menor a 10 minutos, Regular (R) mayor a 10 minutos pero menos a 15 minutos, Malo (M) mayor a 15 minutos pero menor a 20 minutos, Muy Malo (MM) mayor a 20 minutos.				
¿Se siente usted satisfecho con la regularidad con la que una unidad de transporte de la cooperativa pasa por la parada?				
<b>Nivel de satisfacción de regularidad</b>				
MB	B	R	M	MM
6.-Se medirá el nivel de satisfacción con el que una unidad de transporte realiza la parada con la escala de: Muy Bueno (MB) para en las paradas asignadas seguidamente, Bueno (B) para de vez en cuando, Regular (R) No para muy seguido en la parada, Malo (M) no para en las paradas establecidas, Muy Malo (MM) nunca para en las paradas establecidas.				
¿Se siente usted satisfecho con el que una unidad de transporte de la cooperativarealiza las paradas?				
<b>Nivel de satisfacción de paradas</b>				
MB	B	R	M	MM
7.-¿Cree usted que sea necesaria un solo carril exclusivo para los buses urbanos?				
<b>Necesidad de carril exclusivo</b>				
SI	NO			
8.-¿Cree usted que sería necesario mejorar la estación de parada de los usuarios para tomar el bus?				
<b>Mejorar paradas</b>				
SI	NO			
9.-Como usuario de este medio de transporte público como calificaria usted a esta unidad, con la escala de: Muy Bueno (MB) tiene todo lo necesario, Bueno (B) tiene lo necesario pero no es suficiente, Regular (R) tiene solo lo necesario, Malo (M) El servicio no tiene lo necesario , Muy Malo (MM) No es la adecuada.				
<b>Nivel de satisfacción de ruta</b>				
MB	B	R	M	MM
10.-Sabia usted que el transporte eléctrico es menos ruidoso, no contamina el aire y solo realiza las paradas en los lugares establecidos y siguiendo solamente la ruta establecida para este tipo de transporte sin que nadie invada su carril. Al conocer estas ventajas del transporte electrificado. Usted usaria este medio de transporte?				
<b>Usaría usted el medio de transporte electrificado?</b>				
SI	NO			

ANEXO 2 Formato para toma de tiempo de ascenso de pasajeros a la unidad de transporte

CUESTIONARIO DIRIGIDO A USUARIOS											
Nombre de la cooperativa:											
N° de Disco:					Fecha:(dd/mm/aa)						
Línea:											
Intervalo de salida de buses						Recorrido total en Km					
N°	Hora/min/seg	N°	Hora/min/seg	N°	Hora/min/seg	N°	Hora/min/seg	N°	Hora/min/seg	N°	Hora/min/seg
1		36		71		106		141		176	
2		37		72		107		142		177	
3		38		73		108		143		178	
4		39		74		109		144		179	
5		40		75		110		145		180	
6		41		76		111		146		181	
7		42		77		112		147		182	
8		43		78		113		148		183	
9		44		79		114		149		184	
10		45		80		115		150		185	
11		46		81		116		151		186	
12		47		82		117		152		187	
13		48		83		118		153		188	
14		49		84		119		154		189	
15		50		85		120		155		190	
16		51		86		121		156		191	
17		52		87		122		157		192	
18		53		88		123		158		193	
19		54		89		124		159		194	
20		55		90		125		160		195	
21		56		91		126		161		196	
22		57		92		127		162		197	
23		58		93		128		163		198	
24		59		94		129		164		199	
25		60		95		130		165		200	
26		61		96		131		166		201	
27		62		97		132		167		202	
28		63		98		133		168		203	
29		64		99		134		169		204	
30		65		100		135		170		205	
31		66		101		136		171		206	
32		67		102		137		172		207	
33		68		103		138		173		208	
34		69		104		139		174		209	
35		70		105		140		175		210	

**ANEXO 3 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Tungurahua**

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>		Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "TUNGURAHUA"				
<b>Representante legal:</b>	Luis Alfonso Santamaria Acurio					
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros de buses Urbanos					
<b>Tipo:</b>	Buses					
<b>Domicilio:</b>	Calle Unidad Nacional N° 08-20 y Primera Imprenta					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua					
<b>Canton:</b>	Ambato					
<b>Parroquia:</b>	La Merced					
<b>Socios y vehiculos a Habilitar:</b>	145					
<b>LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA TUNGURAHUA</b>						
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>N° Unidades</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Observaciones</b>
1	La Libertad-Ingahurco-Miraflores y Viceversa. (Ramal calle Alaska-San Alfonso alternado - circuito)	21				Ida y vuelta
2	Ficoa - Terremoto - Totoras y Viceversa, con ramales a Empalme y Luz de América.	19				Ida y vuelta
3	Mercado Mayorista - Letamendi - Atocha - Constantino Fernandez y viceversa (ramales la libertad - laquigo - la	20				Ida y vuelta
4	Montalvo - el Recreo y viceversa ( ramales a Luz de América y la esperanza)	18				Ida y vuelta
5	Terminal Terrestre -Huachi el Progreso - Izamba y viceversa (ramales Quillán Bajo, Quillán Alto, Quillan Viña Loma )	29				Ida y vuelta
6	Terminal Terrestre - barrio Solis - M. Mayorista - Augusto Martinez - Atahualpa y viceversa (Ruta alternado uno por Atocha y otro a Atahualpa)	26				Ida y vuelta
7	Pucarumi - Cunchibamba -Tiagua sector Techo Propio	12				Ida y vuelta
8	Libertad - Huchi Grande					Ida y vuelta

**ANEXO 4 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Unión Ambateña**

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>		Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA"				
<b>Representante legal:</b>		Sr Manuel Guillermo Escobar Villacres				
<b>Movilidad del Servicio:</b>		Transporte de pasajeros de buses Urbanos				
<b>Tipo:</b>		Bus Urbano				
<b>Domicilio:</b>		Calle Cuenca 13 - 28 entre Mera y Montalvo				
<b>Provincia:</b>		Tungurahua				
<b>Canton:</b>		Ambato				
<b>Parroquia:</b>		La Matriz				
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>		87				
LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA UNIÓN AMBATEÑA						
Línea N°	Descripción	N° Unidades	Distancia entre Salida y Llegada (Km)	Duración h/m/s	N° Paradas establecidas	Observaciones
1	Picañhua - Cdla España y viceversa, ramal 1 a Jardín Ambateño y ramal 2 Miñarica	16				
2	Ficoa - Terremoto - Totoras y viceversa, con ramales a Empalme y Luz de América.	15				
3	Pinlo - Nuevo Ambato y Viceversa	16				
4	San Juan - Pisque - Barrio Amazonas - y Viceversa	15				
5	LA Joya - -Cdla Militar - Marque Industrial y viceversa	25				

**ANEXO 5 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Libertadores.**

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>		Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES"				
<b>Representante legal:</b>		Sr. Hervin Klever Bombón Velastegui				
<b>Movilidad del Servicio:</b>		Transporte de pasajeros en buses Urbanos				
<b>Tipo:</b>		Buses				
<b>Domicilio:</b>		Av. Atahualpa S/N y mercurial frente a almacén Kiwy				
<b>Provincia:</b>		Tungurahua				
<b>Canton:</b>		Ambato				
<b>Parroquia:</b>		Huachi Chico				
<b>Socios y vehículos a Habilitar:</b>		65				
LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA LOS LIBERTADORES						
Línea N°	Descripción	N° Unidades	Distancia entre Salida y Llegada (Km)	Duración h/m/s	N° Paradas establecidas	Observaciones
1	Seminario Mayor - Ingahurco Bajo y viceversa	11				Ida y vuelta
2	La Florida - 4 Esquinas - Cashapamba y viceversa	22				Ida y vuelta
3	Tangaiche - Shuyurco - Macasto - Ponda y viceversa	10				Ida y vuelta
4	La Península - Orquideas y viceversa	11				Ida y vuelta
5	Techo Propio - Mercado América - Andiglata y viceversa	11				Ida y vuelta

**ANEXO 6 Formato para toma de medidas de distancia, duración y número de paradas de la cooperativa Jerpazsol**

<b>NOMBRE DE LA OPERADORA</b>		Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "JERPAZSOL"				
<b>Representante legal:</b>	Sr. Luis Joaquín Jerez Aguilar					
<b>Movilidad del Servicio:</b>	Transporte de pasajeros en buses Urbanos					
<b>Tipo:</b>	Buses					
<b>Domicilio:</b>	Panamericana Norte Km 8 vía a Quito S/N					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua					
<b>Canton:</b>	Ambato					
<b>Parroquia:</b>						
<b>Socios y vehiculos a Habilitar:</b>	55					
<b>LÍNEAS RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA JERPAZSOL</b>						
<b>Línea N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>N° Unidades</b>	<b>Distancia entre Salida y Llegada (Km)</b>	<b>Duración h/m/s</b>	<b>N° Paradas establecidas</b>	<b>Observaciones</b>
1	Los Angeles - Izamba - y viceversa (ramal)	27				Ida y vuelta
2	Manzana de Oro - Huachi Grande - Puerto Arturo y viceversa (ramales)	28				Ida y vuelta

### ANEXO 7 Medidas de gerencia de tráfico según POT

Medidas de Gerencia de Tráfico	Reducción de la congestión	Mejora al transporte público	Reducción de accidentes	Protección al medio ambiente
Calles en un sentido	●●	●●	●	●
Contraflujo	●●		●	●
Mejoramiento de intersecciones	●●	●●	●●	●
Semáforos	●●		●●	
Señales de tráfico horizontal y vertical	●●		●●	
Iluminación de calles			●●	●
Restricciones de tráfico	●●	●●	●	●●
Estacionamientos	●●	●	●	
Prioridad para buses de TP	●	●●		
Integración de TP	●	●●		
Rutas y estacionamientos de vehículos comerciales	●		●	●●
Facilidades para peatones y ciclistas*			●●	●
Compartir vehículo	●●	●		●
Escalonar horas de ingreso y salida del trabajo	●●	●		●
Notas: * Ciclo rutas y bicicletas públicas, peatonización, rutas para peatones ● menor impacto, ●● mayor impacto Fuente: Gerencia de tráfico, D. Quinn, Presentación, 2011				

**ANEXO 8 Calles de un sentido-ventajas y desventajas según POT**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ahorro en el control de tráfico (\$)	Se alargan las distancias para viajar de un punto a otro
Mejor uso de las facilidades de transporte	Podría requerirse el uso de vías residenciales para acomodar la vía en el otro sentido
Fácil coordinación de semáforos	Se puede incrementar la severidad de accidentes de tráfico
Las paradas de buses no detienen el resto del tráfico	Tendencia a incrementar accidentes de tráfico de peatones
Los carriles de buses podrían circular en contra flujo	Es más difícil orientarse
Podría favorecer los negocios	El TP sufre por lo general de viajes más largos
Ahorros generales para la economía (costo generalizado de transporte)	

**ANEXO 9 Restricción de Tráfico- ventajas y desventajas según POT**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Mejora la velocidad de recorrido	Congestión en intersecciones adyacentes
Reduce el número de accidentes	Desvíos excesivos para los residentes
Mejora las condiciones para la coordinación de semáforos	Interferencia con otras medidas de gerencia de tráfico
Impulsa la creación de calles peatonales	Se impulsa buscar vías alternativas para la circulación del tráfico
Se produce un ambiente tranquilo y seguro	Se requiere áreas de viraje en las vías cerradas
Se mejora la posibilidad de estacionamiento para residentes	



**ANEXO 10 Propósito, ventajas, desventajas y operación: calles un sentido, contraflujo, restricción giro izquierdo, control de acceso y canalización según POT**

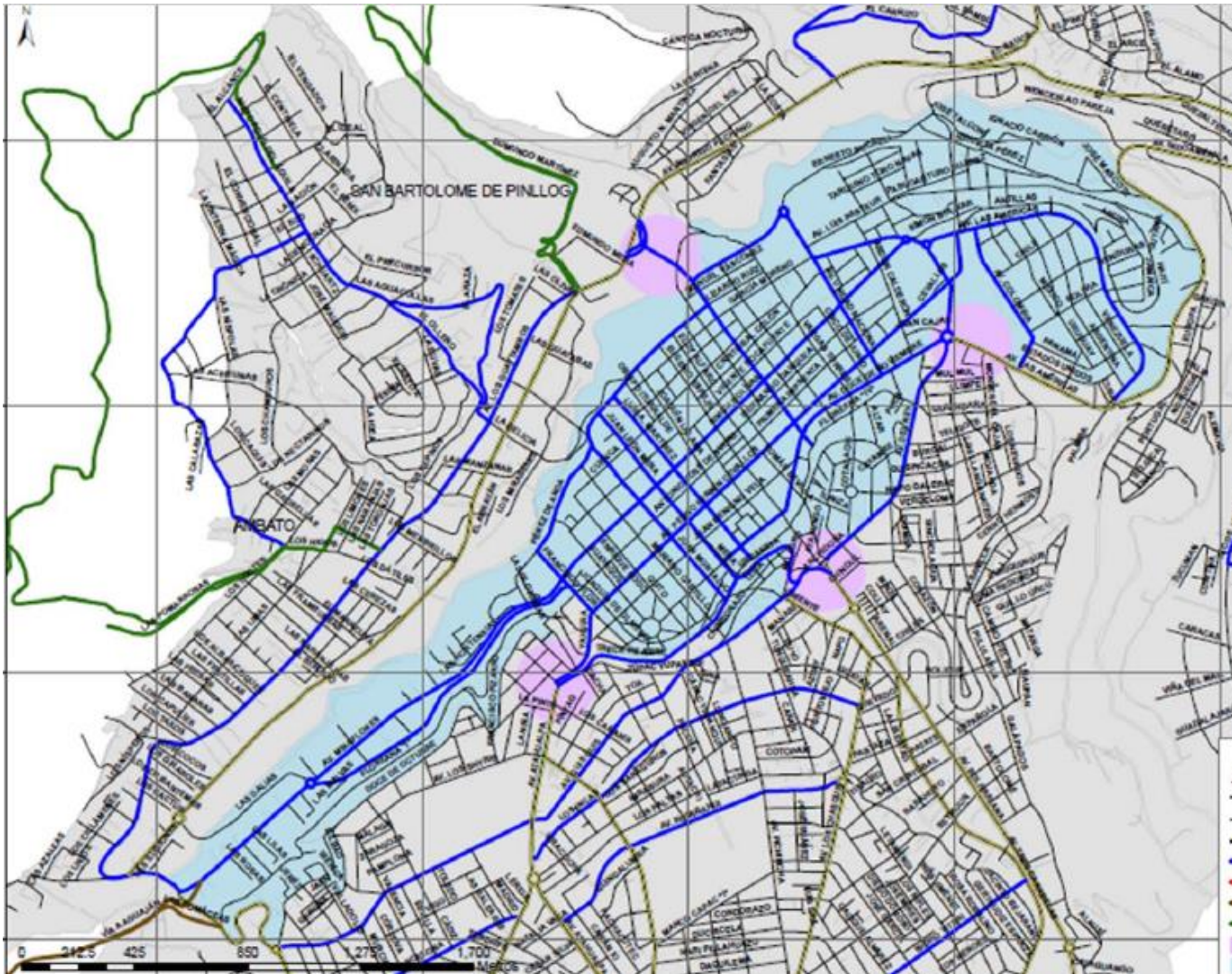
Medida	Propósito	Ventajas	Desventajas	Requerimientos para Operación
<b>Calles de un sentido</b>	Mejorar y simplificar el tráfico, incrementar la capacidad vial de las vías en un área, reducir las demoras del tráfico y que el tiempo de viaje sea más confiable y uniforme.	Barato de instalar, Flexible, Fácil de ejecutar, Incrementa la capacidad de la vía, Incrementa la velocidad, usualmente reduce el número de accidentes, facilita estacionamiento en la vía, ahorro en el control de tráfico, mejor uso de las facilidades, fácil coordinación de semáforos, paradas de buses no detienen el tráfico.	Mayor distancia para viajar en el sistema, incentiva el uso de calles residenciales, incremento de la severidad de accidentes, se elevan accidentes peatonales tienden a elevarse, más difícil orientarse, el TP por lo general tiene viajes más largos.	Calles en otra dirección separadas aproximadamente 150 m, requiere: buena señalización, antes de implementar campañas de publicidad masiva, para implementar control de los Agentes Civiles Municipales.
<b>Contraflujo</b>	Dara espacio adicional a la vía al flujo predominante durante un periodo determinado. Por ejemplo hacer una vía de una dirección a un puente. Aumenta la capacidad en los periodos pico de la mañana, entrando a la ciudad y en pico de la tarde/noche, saliendo de la ciudad. La relación del flujo típica pico:valle es 2:1	Incrementa la capacidad de la circulación en el sentido mayoritario de tráfico en hora pico,	Confusión a usuarios,	Debe existir al menos un carril para el sentido de circulación en la hora no pico. Señalización: (i) semáforos especiales (este es práctico para situaciones permanentes, (ii) señales y conos (trabajo humano es muy alto), (iii) barreas móviles (muy caro). Se debe restringir el estacionamiento.
<b>Restricción de giros izquierdo</b>	Evitar conflictos y demoras en las intersecciones	Mejora la capacidad de la intersección, se reducen accidentes.	Capacidad de intersecciones adyacentes puede exceder, tráfico puede invadir zonas no	Vía alternas para hacer giros tipo "Q", señalización es fundamental,

Medida	Propósito	Ventajas	Desventajas	Requerimientos para Operación
			apropiadas (residenciales, escolares)	
<b>Control de acceso</b>	Eliminar el acceso de vías de poco tráfico a las vías principales	Mejor la velocidad vía principal, mejora coordinación semáforos,	Congestión en intersecciones aledañas, desvíos excesivos a residentes, se requiere zonas de retorno en calles cerradas.	Consenso para el cierre de vías.
<b>Canalización de tráfico</b>	Separar la circulación de tráfico según el propósito de circulación. Control de la velocidad y ángulo de aproximación encaminando el tráfico en movimiento correcto y seguro. Separación de los movimientos en tiempo y distancia.	Reduce conflictos y accidentes, mejora los tiempos de viaje, tráfico ordenado	Confusión para decidir el carril y flujo deseado.	Adecuada señalización horizontal y vertical.

ANEXO 11 **Resumen de actuaciones de Gestión de la infraestructura Según POT**

Período	Descripción
<b>Actual 2013-2015</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gestión y Operación Local de Infraestructura de Transporte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gestión y operación TP</li> <li>○ Gerencia de tráfico</li> <li>○ Control de estacionamiento</li> <li>○ Sistema de semaforización</li> <li>○ Señalización</li> <li>○ Regularización de la operación de taxis</li> </ul> </li> <li>✓ Reformas geométricas intersecciones</li> </ul>
<b>Corto Plazo 2016-2020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gestión y Operación Local de Infraestructura de Transporte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TP</li> <li>○ Gerencia de tráfico</li> <li>○ Semaforización</li> <li>○ Control estacionamiento en la vía</li> <li>○ Reformas de intersecciones</li> <li>○ Manejo de la Demanda:                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estacionamientos fuera de la vía</li> <li>▪ Incremento de precios de estacionamientos en la vía</li> <li>▪ Peatonización de zonas de la ciudad</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>Mediano Plazo 2021-2025</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gestión y Operación Local de Infraestructura de Transporte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TP</li> <li>○ Gerencia de tráfico</li> <li>○ Restricción de estacionamientos</li> <li>○ Reubicación de sitios generadores de tráfico de vehículos de carga</li> </ul> </li> </ul>
<b>Largo plazo 2026-2032</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gestión y Operación Local de Infraestructura de Transporte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TP</li> <li>○ Gerencia de tráfico</li> <li>○ Implementar un Sistema de "Park &amp; Ride"</li> </ul> </li> </ul>

ANEXO 12 Posibles áreas para estacionamiento fuera de la vía según POT



ANEXO 13 Ingresos del plan maestro y de la competencia de transporte según POT

<b>FINANCIAMIENTO DEL PLAN SEGÚN FUENTES (34 AÑOS)</b>	
<b>INGRESOS PROPIOS</b>	<b>MONTO EN US\$ PERÍODO</b>
Impuesto al rodaje	24,000,000
Tasa de matriculación vehicular	152,133,120
Tasa de control vehicular	31,694,400
Tasa ocupación vía pública	4,800,000
Tarifa estacionamientos	24,000,000
Tarifas terminales terrestres	19,200,000
Tarifas en sistemas de transporte público de propiedad municipal	66,744,000
Delegación operación sistemas de transporte público	57,117,888
Infracciones de tránsito	4,800,000
Otros ingresos: multas, certificaciones, venta de bases, títulos habilitantes, permisos, placas	24,000,000
Tasa publicidad móvil y en vía pública	12,000,000
Contribución especial de mejoras	115,500,282
<b>Sub total ingresos propios</b>	<b>535,989,690</b>
<b>SUBSIDIOS</b>	
Gobierno Central - Tren Ligero	128,250,000
Fondo de compensación competencia	16,800,000
Gobierno Municipal - Tren Ligero	10,800,000
Gobierno Municipal - Plan Vial Urbano	115,500,282
Gobierno Municipal - Conectividad y accesibilidad parroquias	45,158,400
<b>Sub total subsidios</b>	<b>316,508,682</b>
<b>INVERSION PRIVADA - ZAL</b>	<b>15,780,000</b>
<b>TOTAL INGRESOS ESTIMADOS</b>	<b>868,278,373</b>
<b>COSTO PLAN MAESTRO TRANSPORTE</b>	<b>702,026,916</b>
<b>GESTION OPERATIVA DE LA COMPETENCIA</b>	<b>166,251,457</b>

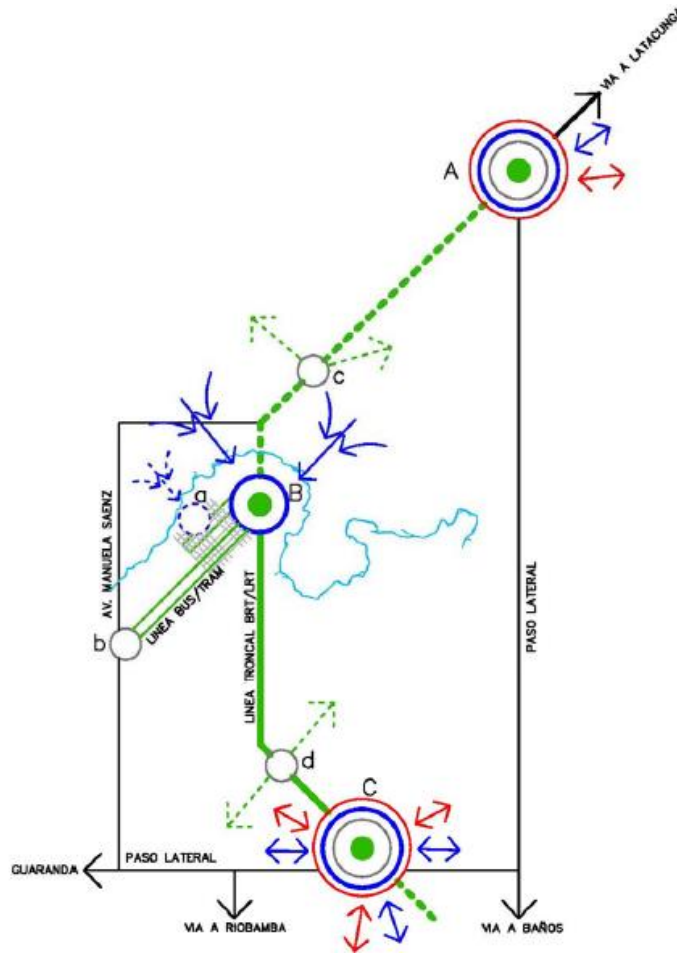
ANEXO 14 Resumen de resultados operacionales según POT

Escenario Operacional/ Año/Alternativa crecimiento	Flota por Tipo de Bus Velocidad promedio tramos $V_T = 18.8$ km/h; $V_{TNS} = 19.8$ km/h						Intervalo promedio (min)	Costo flota pico AM (USD)
	1	2	3	4	5	Total		
1/2012/T		371				371	60	7.755
1/2012/T NS		341				341	60	7.170
2/2012/T		213	222	37	34	506	39	10.137
2/2012/T NS		193	209	34	34	470	39	9.583
3/2012/T		213	222	37	45	517	27	10.297
3/2012/T NS		193	209	34	31	467	55	9.659

Escenario Operacional/ Año/Alternativa crecimiento	Flota por Tipo de Bus Velocidad promedio tramos $V_T = 17.6$ km/h; $V_{TNS} = 19.3$ km/h						Intervalo promedio (min)	Costo flota pico AM (USD)
	1	2	3	4	5	Total		
1/2015/T		403				403	57	8.243
1/2015/T NS		356				356	57	7.415
2/2015/T		233	238	44	38	553	36	10.839
2/2015/T NS		201	213	39	38	491	36	9.918
3/2015/T		233	238	44	50	565	25	11.003
3/2015/T NS		201	213	39	34	487	50	10.000

Escenario Operacional/ Año/Alternativa crecimiento	Flota por Tipo de Bus Velocidad promedio tramos $V_T = 9$ km/h; $V_{TNS} = 17.1$ km/h						Intervalo promedio (min)	Costo flota pico AM (USD)
	1	2	3	4	5	Total		
1/2020/T		1.093				1.093	34	18.749
1/2020/T NS		451				451	34	9.076
2/2020/T	80	600	513	91	68	1.352	26	22.537
2/2020/T NS	33	228	196	50	49	556	26	10.990
3/2020/T	80	600	513	100	126	1.419	17	23.287
3/2020/T NS	33	228	196	50	25	532	55	11.267

ANEXO 15 Visión sector transporte público de Ambato – esquema según POT



SIMBOLOGIA		
	TERMINAL INTERPROVINCIAL	<b>A=POLO DE DESARROLLO NORTE</b> (PANAMERICANA–PASO LATERAL)  <b>B=TERMINAL FERROCARRIL</b>  <b>C=POLO DE DESARROLLO SUR</b> (PASO LATERAL–INTERSECCION LINEA FERROCARRIL)  <b>a=CASCO CENTRAL</b>  <b>b=SECTOR DE INTERSECCIONES AV. LOS GUAYTAMBOS</b> –AV. RODRIGO PACHANO–AV. MANUELA SAENZ  <b>c=SECTOR DE INTERSECCIONES AV. JULIO CASTILLO</b> JACOME–AV. INDOAMERICANA–AV. PEDRO VASCONEZ  <b>d=SECTOR DE INTERSECCIONES AV. JULIO JARAMILLO</b> – AV. ALBERTO VALENCIA
	TERMINAL INTERPARROQUIAL	
	ESTACIONAMIENTO/ PARK & RIDE	
	TERMINAL BRT – LRT	
	TERMINAL INTERPARROQUIAL PROPUESTA MUNICIPALIDAD DE AMBATO	
	LINEA TRONCAL BRT/LRT	
	LINEA BUS/TRAM	
	FUERA DE ALCANCE DEL PLAN POSTERIOR 2032	
	FUERA DE ALCANCE DEL PLAN POSTERIOR 2032	
	SERVICIO INTERPARROQUIAL	
	SERVICIO INTERPROVINCIAL	
	CASCO CENTRAL	
	RIO AMBATO	