



# **“UNIVERSIDAD DEL AZUAY”**

## **DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

*“Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca”.*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magíster en Sistemas Vehiculares.

Autor: Ing. Rómulo Fernando Astudillo Bravo.

Director: Ing. Daniel Guillermo Cordero Moreno. PhD

Cuenca, Ecuador

2016

*Dedicatoria:*

*A mi amada esposa Verónica, por sentir su amor y respaldo incondicionales en cada día que transcurre. A mis padres Fernando y Diana por el gran esfuerzo y amor demostrado a lo largo de toda mi vida. A mis hermanos Juan Carlos, Katherine, Jean Pierre, Fernando, Jesús y Juan José por su apoyo, cariño y amistad.*

*Agradecimientos:*

*Primeramente a Dios por la vida y bendecirme en mi existencia. Al Ing. Daniel Cordero por compartir sus conocimientos conmigo, su paciencia y por saber sacar lo mejor de mí al saber exigirme. A mis amigos y colegas Jairo Reibán y Vladimir Quintana por el respaldo de ustedes para la realización del presente trabajo, sinceramente a todos de corazón muchas gracias.*

## Contenido

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes del transporte público urbano de Cuenca.....	1
1.1.1. La Cámara de transportes de Cuenca (CTC).....	3
1.1.1.1. Consorcio CONCUENCA.....	4
1.1.1.2. Consorcio SIR.....	11
1.2. Justificación del proyecto.....	12
1.3. Problemática.....	14
1.4. Marco Teórico.....	14
1.4.1. Tipos de ciclos de conducción.....	15
1.4.1.1. Ciclos de conducción modales.....	15
1.4.1.2. Ciclos de conducción transitorios.....	16
1.4.2. Métodos de obtención de ciclos de conducción.....	17
1.4.2.1. Métodos directos.....	17
1.4.2.2. Métodos indirectos.....	18
1.5. Estado del arte.....	19
1.5.1. Metodologías utilizadas en la obtención de ciclos de conducción.....	19
1.6. Objetivos de la investigación.....	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
1.7. Alcance y contribuciones.....	22
CAPÍTULO II.....	23
PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA.....	23
2.1 Determinación de procesos.....	23
2.1.1 Método a utilizar.....	24
2.1.2. Determinación de rutas y vehículos de análisis.....	24
2.1.2.1. Línea N°5 (Los Andes - El Salado).....	25
2.1.2.2. Línea N°7 (Trigales - Mall del Río).....	27
2.1.2.3. Troncal 100 (Ricaurte - Baños).....	30
2.1.3. Instrumentación.....	33

2.1.3.1	Configuración del equipo GPSmap® 60CSx. ....	34
2.1.3.2	Validación del equipo GPSmap® 60CSx. ....	38
2.1.4.	Recolección de datos. ....	40
2.1.5.	Análisis físico-estadístico.....	41
2.1.5.1.	Análisis por promedios ponderados.....	41
2.1.5.2.	Cálculo de pesos relativos.....	43
2.1.5.3.	Validación del tamaño de la muestra.....	46
CAPÍTULO III.....		48
OBTENCIÓN DE DATOS.....		48
3.1.	Consideraciones en el montaje del navegador GPSmap® 60CSx. ....	48
3.2.	Levantamiento de información.....	49
3.2.1.	Cronograma de registro. ....	50
3.2.2.	Obtención y conversión de registros.....	51
3.3.	Segmentación en curvas experimentales.....	53
3.3.1.	Definición de coordenadas de terminales.....	53
3.3.1.1.	Terminales de la Línea N°5 (Los Andes – El Salado).....	54
3.3.1.2.	Terminales de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).....	57
3.3.1.3.	Terminales de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).....	60
3.3.2.	Lógica utilizada en construcción de curvas experimentales.....	62
3.3.3.	Corrección de cota de altitud.....	66
CAPÍTULO IV.....		70
ANÁLISIS DE DATOS Y OBTENCIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN. ....		70
4.1.	Elaboración de parámetros resumen. ....	70
4.1.1.	Determinación de variables. ....	70
4.1.2.	Determinación de parámetros resumen. ....	75
4.2.	Cálculo del coeficiente de variación (validación de muestra).....	81
4.3.	Determinación de pesos relativos de parámetros resumen.....	85
4.4.	Aplicación del método de promedios ponderados.....	89
4.5.	Presentación de resultados. ....	92
CAPÍTULO V.....		102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		102
5.1.	Conclusiones. ....	102
5.2	Recomendaciones.....	115

CAPÍTULO VI.....	117
ANEXOS. ....	117
6.1 Anexo I.....	117
6.2 Anexo II.....	121
6.3 Anexo III .....	124
BIBLIOGRAFÍA .....	136

## Índice de Figuras.

Figura 1. Cronología de las unidades de transporte de la empresa Tomebamba (Freire, 2015).....	1
Figura 2. Unidad de transporte del Consorcio CONCUENCA (Minchala, 2014).....	4
Figura 3. Distribución de buses por compañía en el Consorcio CONCUENCA.....	5
Figura 4. Distribución de marcas de buses en el Consorcio CONCUENCA.....	6
Figura 5. Líneas del Sistema integrado de Transporte (SIT) (Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca , 2014). ....	9
Figura 6. Bus Interparroquial del cantón Cuenca (Diario El Mercurio, 2011). ....	10
Figura 7. Ejemplo de un ciclo Modal o Estacionario, ciclo UN/ECE Part 2 (United States Environmental Protection Agency , n.d.) .....	16
Figura 8. Ejemplo de un ciclo Transitorio, ciclo HDUDDS (United States Environmental Protection Agency, n.d.).....	16
Figura 9. Ciclo de conducción FTP -75 (United States Environmental Protection Agency, 2013).....	17
Figura 10. Ciclo de conducción NEDC (United Nations Economic Commission for Europe, 2005).....	18
Figura 11. Esquema de procesos para realización de metodología.....	23
Figura 12. Terminal 1 (Los Andes) de la Línea N°5 (Google Inc., 2015). ....	25
Figura 13. Recorrido Línea N°5 Los Andes - El Salado (adamschneider.net, 2015).26	
Figura 14. Terminal 2 (El Salado) de la Línea N°5 (Google Inc., 2015). ....	26
Figura 15. Recorrido Línea N°5 El Salado - Los Andes (adamschneider.net, 2015).27	
Figura 16. Terminal 1 (Trigales) de la Línea N°7 (Google Inc., 2015). ....	28
Figura 17. Recorrido Línea N°7 Trigales – Mall del Río (adamschneider.net, 2015). ....	28

Figura 18. Terminal 2 (Mall del Río) de la Línea N°7 (Google Inc., 2015).....	29
Figura 19. Recorrido Línea N°7 Mall del Río - Trigales (adamschneider.net, 2015). .....	30
Figura 20. Terminal 1 (Ricaurte) de la Troncal 100 (Google Inc., 2015).....	30
Figura 21. Recorrido Troncal 100 Ricaurte - Baños (adamschneider.net, 2015). ....	31
Figura 22. Terminal 2 (Baños) de la Troncal 100 (Google Inc., 2015). ....	32
Figura 23. Recorrido Troncal 100 Baños - Ricaurte (adamschneider.net, 2015). ....	32
Figura 24. Navegador Garmin GPSmap® 60CSx. (Garmin Ltd. , 2015).....	34
Figura 25. Pantallas de bienvenida y satélites del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).....	35
Figura 26. Menú: Principal, Configuración y Sistema del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).....	35
Figura 27. Activación del sistema de navegación global por satélite (GNSS) en el navegador GPSmap® 60CSx.....	36
Figura 28. Página de Altimetro, menú de configuración e ingreso de elevación del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).....	37
Figura 29. Menú: Principal y Tracks del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).....	38
Figura 30. Menú de configuración del Track Log del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).....	38
Figura 31. Alimentación externa entre Consola del Conductor y navegador GPSmap® 60CSx.....	48
Figura 32. Posicionamiento del navegador GPSmap® 60CSx para registro de datos. .....	49
Figura 33. Conversión de archivo .GPX a .TXT mediante <a href="http://www.gpsvisualizer.com">www.gpsvisualizer.com</a>	52
Figura 34. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1 de la Línea N°5 (adamschneider.net, 2015). ....	54
Figura 35. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1 de la Línea N°5 (adamschneider.net, 2015). ....	55
Figura 36. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5 (adamschneider.net, 2015).....	55
Figura 37. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5 (adamschneider.net, 2015).....	56
Figura 38. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1, Terminal 1a y la Terminal 1b de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015). ....	57

Figura 39. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1, Terminal 1a y Terminal 1b de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015). .....	58
Figura 40. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015). .....	59
Figura 41. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015). .....	60
Figura 42. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1 de la Troncal 100 (adamschneider.net, 2015). .....	60
Figura 43. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1 de la Troncal 100 (adamschneider.net, 2015). .....	61
Figura 44. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 de la Troncal 100 (adamschneider.net, 2015). .....	61
Figura 45. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 de la Troncal 100 (adamschneider.net, 2015). .....	62
Figura 46. Posiciones dentro de la Terminal 1: Los Andes de la Línea 5.....	63
Figura 47. Registros descartados y utilizados de una jornada laboral en la construcción de una curva experimental. ....	65
Figura 48. Registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx contra levantamiento topográfico. ....	67
Figura 49. Registros de altitud del MDT de Cuenca contra levantamiento topográfico. ....	68
Figura 50. Perfil Topográfico de una jornada diaria de un bus de la Línea N°5 con registros de altura del navegador GPSmap® 60CSx. ....	69
Figura 51. Perfil Topográfico de una jornada diaria de un bus de la Línea N°5 con registros de altura del MDT de Cuenca. ....	69
Figura 52. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Tiempo en ralentí. ....	77
Figura 53. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Número de paradas .....	78
Figura 54. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Tiempo con aceleración positiva.....	79
Figura 55. Diagrama de flujo utilizado para determinación de pesos relativos. ....	85
Figura 56. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado). ....	92
Figura 57. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado). ....	93
Figura 58. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes). ....	94

Figura 59. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes). .....	95
Figura 60. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río). .....	95
Figura 61. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).....	96
Figura 62. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales). .....	97
Figura 63. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).....	98
Figura 64. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños). .....	98
Figura 65. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).....	99
Figura 66. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte) seleccionado con los registros de altitud del MDT de Cuenca. ....	100
Figura 67. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).....	101

## Índice de Tablas.

Tabla 1. Vida útil para vehículos que prestan el servicio de transporte público y comercial. (Agencia Nacional de Tránsito, 2010) .....	2
Tabla 2. Vida útil para vehículos que prestan el servicio de transporte público. (Agencia Nacional de Tránsito, 2010) .....	3
Tabla 3. Distribución de buses por compañía en el Consorcio CONCUENCA .....	5
Tabla 4. Distribución de marcas de buses en el Consorcio CONCUENCA.....	6
Tabla 5. Modelos por marca de Fabricante de la flota de buses del Consorcio CONCUENCA.....	7
Tabla 6. Líneas del transporte Urbano de la ciudad de Cuenca (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, 2015). .....	8
Tabla 7. Distribución de buses por compañía en buses interparroquiales (Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca , 2014).....	10
Tabla 8. Terminales de partida y zonificación de sectores por cobertura de buses interparroquiales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2014). .....	10
Tabla 9. Líneas del transporte Interparroquial del cantón Cuenca (Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca , 2014).....	11

Tabla 10. Metodologías empleadas en la determinación de ciclos de conducción mayormente usados en la industria automotriz (Cedillo Sanchez, 2013) (HUNG, 2010). .....	20
Tabla 11. Características físicas y rendimiento GPSmap® 60CSx. (Garmin Ltd. , 2015) .....	33
Tabla 12. Resultados de validación de navegador GPSmap® 60CSx .....	40
Tabla 13. Técnicas de recolección de datos empleadas en la determinación de ciclos de conducción (Cedillo Sanchez, Determinación de ciclos típicos de conducción, 2013). .....	41
Tabla 14. Registros recolectados en la Línea N°5 Los Andes – El Salado.....	50
Tabla 15. Registros recolectados en la Línea N°7 Trigales – Mall del Río. ....	51
Tabla 16. Registros recolectados en la Troncal 100 Ricaurte – Baños.....	51
Tabla 17. Extracto de datos de un archivo .GPX del navegador GPSmap® 60CSx transformado a .TXT en <a href="http://www.gpsvisualizer.com">www.gpsvisualizer.com</a> .....	52
Tabla 18. Valores: central y limitadores de zona de Terminal 1 de la Línea N°5. ....	54
Tabla 19. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5. ....	56
Tabla 20. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 1, Terminal 1a y Terminal 1b de la Línea N°7.....	58
Tabla 21. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 de la Línea N°7. ....	59
Tabla 22. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 1 de la Troncal 100. ....	61
Tabla 23. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 de la Troncal 100. ....	62
Tabla 24. Segmentación de una jornada laboral de la Troncal 100 en curvas experimentales entre las terminales Ricaurte y Baños.....	64
Tabla 25. Número de viajes y tiempo efectivo para construcción de curvas experimentales.....	66
Tabla 26. Ejemplo de datos que conforman una curva experimental. ....	71
Tabla 27. Variables descriptoras utilizadas para construir parámetros resumen. ....	71
Tabla 28. Parámetros resumen utilizados para determinar el ciclo de conducción. ..	76
Tabla 29. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: Los Andes - El Salado.....	82
Tabla 30. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: El Salado – Los Andes. ....	82

Tabla 31. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Trigales – Mall del Río. ....	83
Tabla 32. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Mall del Río – Trigales. ....	83
Tabla 33. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Ricaurte – Baños. ....	84
Tabla 34. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Baños – Ricaurte. ....	84
Tabla 35. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: Los Andes - El Salado. ....	86
Tabla 36. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: El Salado – Los Andes. ....	87
Tabla 37. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Trigales – Mall del Río. ....	87
Tabla 38. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Mall del Río – Trigales. ....	88
Tabla 39. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Ricaurte – Baños. ....	88
Tabla 40. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Baños – Ricaurte. ....	89
Tabla 41. Nomenclatura de las variables que guardan las ponderaciones de la matriz “Pesos”. ....	90
Tabla 42. Análisis de la curva experimental N°20 (Datos MDT) de la Troncal 100 (Baños–Ricaurte). ....	91
Tabla 43. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado). ....	93
Tabla 44. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes). ....	94
Tabla 45. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río). ....	96
Tabla 46. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales). ....	97
Tabla 47. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños). ....	99
Tabla 48. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte). ....	100

<b>Parámetros Físicos</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Término</b>
$a_n$	$m/s^2$	Aceleración en la posición n.
$a_{max}$	$m/s^2$	Aceleración máxima
$h_n$	M	Altitud en la posición n.
$h_{n-1}$	M	Altitud en la posición n – 1.
$A_f$	$m^2$	Área frontal
CEP	M	Circular Error Probable Error Circular Probable
$C_d$	–	Coefficiente aerodinámico
$f_r$	–	Coefficiente de resistencia a la rodadura
$\varphi$	$kg/m^3$	Densidad del aire
$\sigma_{Lat}$	M	Desviación estandar de Latitud
$\sigma_{Lon}$	M	Desviación estandar de Longitud
$x_n$	M	Espacio en la posición n.
$F_{xn}$	N	Fuerza en rueda en la posición n.
$F_{xprom}$	N	Fuerza en rueda promedio
M	Kg	Masa
$\theta_n$	rad	Pendiente en la posición n.
$F_{dn}$	N	Resistencia aerodinámica en la posición n.
$F_{dprom}$	N	Resistencia aerodinámica promedio
$R_{in}$	N	Resistencia a la inercia en la posición n.
$R_{iprom}$	N	Resistencia a la inercia promedio
$R_{gn}$	N	Resistencia a la pendiente en la posición n.
$R_{gprom}$	N	Resistencia a la pendiente promedio.
$R_{xn}$	N	Resistencia a la rodadura en la posición n.
$R_{xprom}$	N	Resistencia a la rodadura promedio
$t_n$	S	Tiempo en la posición n.
$t_{n-1}$	s	Tiempo en la posición n – 1.
$t_{rec}$	s	Tiempo de recorrido
2DRMS	m	Twice the Distance Root Mean Square Dos veces la Distancia de la Media Cuadrática
$V_{(km/h)n}$	$km/h$	Velocidad en la posición n.
$V_{(m/s)n}$	$m/s$	
$V_{prom}$	$km/h$	Velocidad promedio.
$V_{max}$	$km/h$	Velocidad máxima

<b>Parámetros Estadísticos</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Término</b>
$R^2$	–	Coeficiente de determinación
CV	–	Coeficiente de variación.
$\Lambda$	–	Correlación XZ
$\beta$	–	Correlación YZ
$\sigma$		Desviación estándar.
$f_i$	–	Factor de ponderación para cada parámetro.
U		Matriz de autovectores de $XX'$ .
X		Matriz original de variables independientes.
V		Matriz de autovectores de $X'X$ .
$\Delta$		Matriz de valores singulares de X.
$\bar{P}$		Media de valores del parametro i.
$\bar{x}$		Media de valores de parametros resumen
$W_i$	–	Peso de la ponderación del parametro i dividido para la suma de total de las ponderaciones.
$\varepsilon_i$	–	Peso relativo.
y	–	Valor mínimo de la sumatoria de parametros.
$P_{ij}$		Valor de parametro i para el ciclo j.
$x_i$		Valor de parametro resumen.
z	–	Valor de parametro resumen estandarizado.

## Resumen.

En el presente trabajo de investigación se determinan los ciclos de conducción de las tres rutas con mayor demanda de pasajeros del transporte urbano del Cantón Cuenca: la Línea N°5 (Los Andes – El Salado), la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río) y la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

Para la selección de la metodología a seguir, se analizaron investigaciones sobre la determinación de ciclos de conducción de las ciudades de: Pereira (Colombia), Toluca (México), Vigo (España), San José (Costa Rica), Madrid (España). Luego se aplica dicha metodología en 20 buses que cubrían las tres rutas en análisis (Investigación de Campo), recolectando 219 viajes efectivos para la construcción de la base de datos. Utilizando 12 parámetros resumen para representar cada viaje realizado, se determinan los ciclos de conducción para las tres rutas analizadas, mediante el método de mínimas diferencias ponderadas o promedios ponderados.

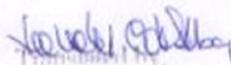
**Palabras Clave:** Ciclos de Conducción, Bus Urbano, Ruta Fija, Mínimas Diferencias Ponderada

### ABSTRACT

This research paper determines the driving cycles of the three urban transport routes with higher passenger demand in the Canton Cuenca: Line No. 5 (Los Andes - El Salado); Line No. 7 (Trigales - Mall del Rio); and La Troncal 100 ( Ricaurte - Baños). For the selection of the methodology, investigations on the determination of driving cycles in the cities of Pereira (Colombia), Toluca (Mexico), Vigo (Spain), San José (Costa Rica), and Madrid (Spain) were analyzed. Then, this methodology was applied in 20 buses that covered the three routes under analysis (Field Research), collecting 219 effective trips for the construction of the database. Next, 12 parameters summary were used to represent each trip. The driving cycles for the three routes analyzed were determined by the minimum weighted differences or weighted averages method.

**Keywords:** Driving Cycles, Urban Bus, Fixed Route, Minimum Weighted Differences.



  
Lic. Lourdes Crespo



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Antecedentes del transporte público urbano de Cuenca.

El transporte terrestre es una actividad económica estratégica del Estado. Este transporte terrestre es fundamental en el desarrollo de nuestra sociedad, debido a que el crecimiento poblacional genera la expansión del territorio habitado, convirtiendo a la movilización de las personas y sus bienes en una necesidad esencial. Para asegurar dicha movilización se ha implementado el servicio de transporte terrestre público (bus, ferrocarril, tranvía) y comercial (taxi, transporte estudiantil y de fletes) (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2014). En la ciudad de Cuenca el transporte público se originó en la década de los sesenta (Matute, 2015) (Figura 1), en aquella época (19 de agosto de 1967) la entidad que administraba el transporte público era el Consejo Nacional de Tránsito y el costo del pasaje en Cuenca era de 1 sucre, las unidades de transporte se trasladaban en horarios establecidos que comprendían todos los días de la semana.



Figura 1. Cronología de las unidades de transporte de la empresa Tomebamba  
(Freire, 2015)

En la actualidad la entidad encargada del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en el Ecuador es la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) la cual ha transferido sus competencias al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD de Cuenca) desde septiembre del 2012 (Redacción Revista Buen Viaje, 2012) en el territorio cantonal a través de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV-EP) y la Dirección Municipal de Tránsito (DMT).

La DMT ha categorizado el transporte público y comercial en los siguientes grupos: Taxi convencional, Transporte escolar e Institucional, Fletes y Turismo, Transporte Mixto, Carga Pesada, Carga Liviana, Bus Interparroquial, Bus Urbano y Microregional (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca). En la Tabla 1 y Tabla 2 se aprecia el período de vida útil estimado por la ANT en los automotores de transporte público y comercial, el cuál es acatado por la DMT.

Tabla 1. Vida útil para vehículos que prestan el servicio de transporte público y comercial. (Agencia Nacional de Tránsito, 2010)

<b>CUADRO DE APLICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL TOTAL</b>				
<b>MODALIDAD DE TRANSPORTE</b>	<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>CONSTITUCION JURIDICA Y PERMISO DE OPERACIÓN</b>	<b>INCREMENTOS Y CAMBIOS</b>	<b>VIDA ÚTIL TOTAL</b>
		<b>AÑOS</b>	<b>AÑOS</b>	<b>AÑOS</b>
Taxis	Automóvil	0	6	15
Taxis Ejecutivos	Automóvil	0	0	5
Carga Liviana	Camioneta	5	10	15
Transporte Mixto	Camioneta doble cabina	5	10	15
Carga pesada	Camión	32	32	32
	Tractocamión	32	32	32
Escolar e Institucional	Bus o Minibús	4	12	20
	Furgoneta	4	10	15
Intraprovincial	Bus o Minibús	5	13	20
Interprovincial	bus	5	13	20

Tabla 2. Vida útil para vehículos que prestan el servicio de transporte público.

*(Agencia Nacional de Tránsito, 2010)*

<b>CUADRO DE APLICACIÓN DE LA VIDA ÚTIL TOTAL</b>					
<b>MODALIDAD DE TRANSPORTE</b>	<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>CLASE DE SERVICIO</b>	<b>CONSTITUCION JURIDICA Y PERMISO DE OPERACIÓN</b>	<b>INCREMENTOS Y CAMBIOS</b>	<b>VIDA ÚTIL TOTAL</b>
			<b>AÑOS</b>	<b>AÑOS</b>	<b>AÑOS</b>
Urbano	Bus	Ejecutivo	0	10	15
		Popular	No aplica	No aplica	20

### 1.1.1. La Cámara de transportes de Cuenca (CTC).

La Cámara de Transportes de Cuenca es la compañía privada encargada de la prestación del transporte público urbano en el cantón. La CTC se creó a inicios del año 2000. La CTC estuvo integrada, inicialmente, por los dirigentes de las siete operadoras de transporte existentes. Estas operadoras eran las siguientes compañías: TRIGALES S.A., DIEZ DE AGOSTO, SUPERTAXIS RICAURTE S.A., UNCOVIA S.A., TURISMO BAÑOS, la empresa de transportes TOMBAMBAMBA y la empresa de transportes 12 DE ABRIL. Las 5 primeras empresas eran sociedades de derecho (con escritura pública) y las dos últimas de hecho (sin escritura pública).

En la década de los noventa la organización que representaba a los transportistas urbanos era la Asociación de Transportistas Urbanos de Cuenca (ATUC) la cuál a partir del año 2000 se convirtió en la CTC, tras su creación su primer presidente fue el Ing. Marcelo Tapia Montalván, cronológicamente le han seguido en cargo el Ing. Iván Quishpe, el Sr. Patricio Segarra, el Sr. Danilo Garate y a la fecha el Dr. Wilmer Bravo Matute. Los transportistas urbanos han constituido actualmente dos consorcios para la prestación del servicio de transporte público, el Consorcio CONCUENCA que está encargado de toda la operación en rutas y el Consorcio SIR encargado del recaudo de fondos provenientes de la actividad de transporte. (Bravo W. , 2015).

### 1.1.1.1. Consorcio CONCUENCA.

El Consorcio CONCUENCA está encargado del transporte de pasajeros y bienes por las rutas convencionales, alimentadoras y troncales pertenecientes al Sistema Integrado de Transporte (SIT). En total se cubren 27 rutas desde paradas entre sectores o hacia las terminales de transferencia. Para la realización del servicio se cuentan con las 475 unidades (Figura 2) de las 7 empresas de transporte actuales, las cuales son: Lancomtri, Urbadiez, Ricaurtesa, Uncometro, Turismo Baños, Contranutome y Concuetu (Cámara de Transporte de Cuenca, 2015).



Figura 2. Unidad de transporte del Consorcio CONCUENCA (Minchala, 2014).

#### 1.1.1.1.1. Características de la flota vehicular del Consorcio CONCUENCA.

Cada compañía de transporte urbano del cantón es propietaria de un número de unidades definido (Tabla 3 y Figura 3). Las compañías que tienen un mayor porcentaje de unidades son Comtranutome S.A. y Comcuetu S.A. con más del 20% de la flota, las compañías: Turismo Baños, Uncometro S.A., Ricaurtesa S.A., Urbadiez S.A. y Lancomtri S.A. poseen un valor cercano al 10% de la flota.

### Distribución de buses por compañía en el Consorcio CONCUENCA

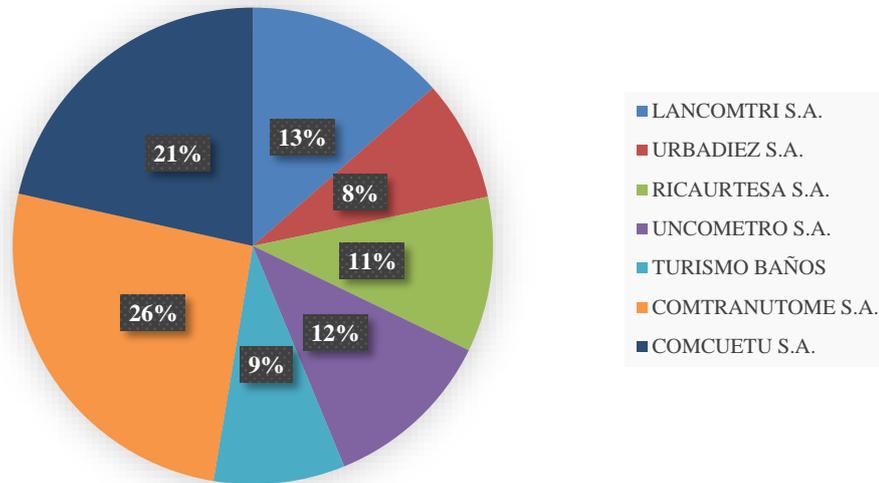


Figura 3. Distribución de buses por compañía en el Consorcio CONCUENCA

Tabla 3. Distribución de buses por compañía en el Consorcio CONCUENCA

Compañía	Unidades	Porcentaje
Lancomtri S.A.	64	13,5%
Urbadiez S.A.	39	8,2%
Ricaurtesa S.A.	50	10,5%
Uncometro S.A.	55	11,6%
Turismo Baños S.A.	42	8,8%
Comtranutome S.A.	123	25,9%
Comcuetu S.A.	102	21,5%
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>100,0%</b>

En la flota de buses del Consorcio CONCUENCA existen dos marcas de fabricantes predominantes: Chevrolet y Mercedes Benz con más del 90% de la flota, a estas le siguen Volkswagen, International, Hino y Man; existe un pequeño número de unidades que no está registrado (Tabla 4 y Figura 4).

### Distribución de marcas de buses en el Consorcio CONCUENCA

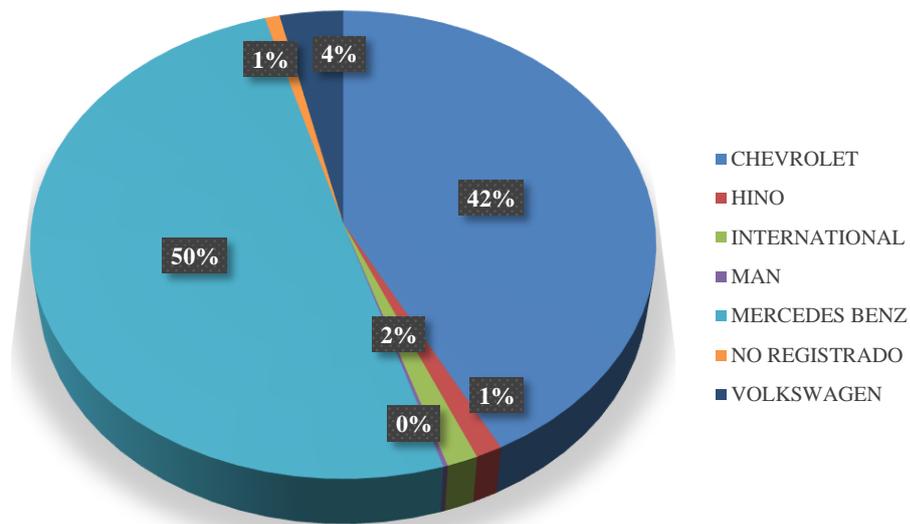


Figura 4. Distribución de marcas de buses en el Consorcio CONCUENCA

Tabla 4. Distribución de marcas de buses en el Consorcio CONCUENCA

Marca	Número de unidades	Porcentaje
Chevrolet	201	42,3%
Hino	6	1,3%
International	7	1,5%
Man	1	0,2%
Mercedes Benz	239	50,3%
No registrado	4	0,8%
Volkswagen	17	3,6%
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>100%</b>

Es importante conocer los modelos presentes en la flota y definir los que predominan, para acceder a su información técnica. Las marcas Mercedes Benz, Chevrolet e Hino tienen dos modelos, International, Volkswagen y Man tienen un solo modelo dentro de la flota (Tabla 5).

Tabla 5. Modelos por marca de Fabricante de la flota de buses del Consorcio CONCUENCA.

<b>Modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Mercedes Benz</b>		
OF 1721-52	213	89,1%
OF 1721-59	26	10,9%
<b>Chevrolet</b>		
SERIE FTR	183	91,0%
SERIE CHR	18	9,0%
<b>Hino</b>		
AK8JRSA	5	83,3%
FF1JPTZ	1	16,7%
<b>International</b>		
4700 FE	7	100,0%
<b>Volkswagen</b>		
17210 OD	17	100,0%
<b>Man</b>		
18280FOC	1	100,0%

#### 1.1.1.1.2. Rutas del transporte público del cantón Cuenca.

El transporte público de la ciudad de Cuenca está compuesto por cuatro sistemas de los cuales la flota de buses del Consorcio CONCUENCA cubre tres, en dichos sistemas se pueden distinguir dos tipos de rutas: las rutas urbanas y periféricas y las rutas rurales. El primer sistema comprende las rutas urbanas, las cuales inician o terminan su recorrido cerca del centro urbano de Cuenca y lo atraviesan en parte de su trayecto, actualmente existen 24 líneas que cubren dichas rutas (Tabla 6).

Tabla 6. Líneas del transporte Urbano de la ciudad de Cuenca (*Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, 2015*).

<b>Número de Línea</b>	<b>Nombre de la Línea/Ruta</b>
Línea N°2	Totoracocha - Arenal Alto
Línea N°3	Eucaliptos – Sayausí
Línea N°5	Los Andes - El Salado
Línea N°6	Mayancela – 9 de Octubre
Línea N°7	Los Trigales - Mall del Río
Línea N°8	Los Trigales - San Joaquín
Línea N°10	Paluncay - La Florida
Línea N°12	Baños - Quinta Chica
Línea N°13	Ucubamba - Mall del Río
Línea N°14	El Valle - Feria Libre
Línea N°15	Monay - Feria Libre
Línea N°16	Monay - San Pedro
Línea N°17	Puntacorral - Todos Santos
Línea N°18	Zona Franca - Aeropuerto
Línea N°19	Ciudadela Católica (Visorrey) - Tenis Club
Línea N°20	Cdla. Kennedy - Racar
Línea N°22	Gapal - Salesianos
Línea N°23	Yanaturu - La Florida
Línea N°24	Cochapamba - Miraflores
Línea N°25	Cdla. Jaime Roldos – Santa María
Línea N°26	Checa - Mercado 27 de Febrero
Línea N°27	Sinincay – Huizhil
Línea N°28	Capulispamba – Feria Libre
Línea N°29	H. del IESS - San José de Balzay

El segundo sistema está conformado por las rutas del Sistema Integrado de Transporte (SIT), actualmente las rutas que lo conforman son la línea Troncal 100 (Ricaurte - Baños) y las líneas Alimentadora 102 y Alimentadora 201 (Figura 5). El tercer sistema de transporte es el de las rutas microregionales, estas son similares a las rutas urbanas pero sus terminales están más alejadas de las cabeceras parroquiales prolongando su recorrido a zonas más lejanas, su servicio esta intercalado entre las rutas urbanas, existen 52 ramales distribuidos en 21 rutas.

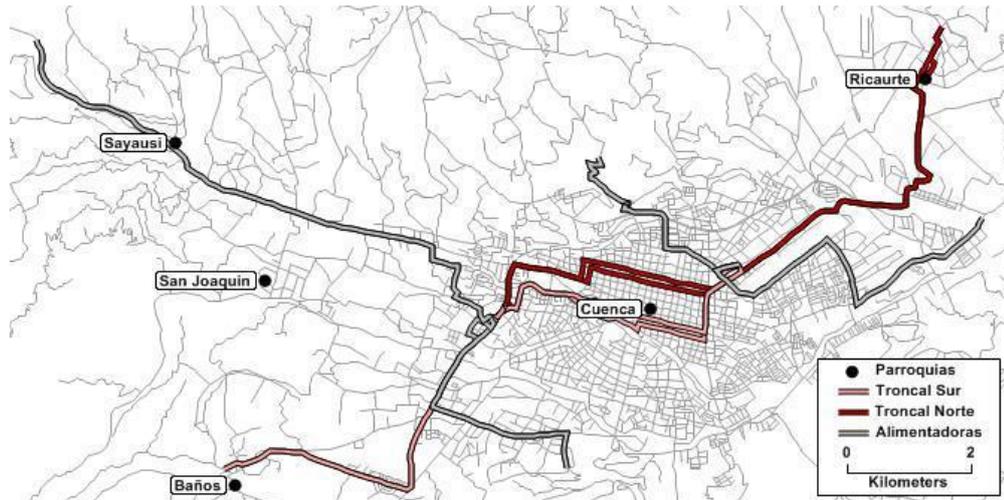


Figura 5. Líneas del Sistema integrado de Transporte (SIT) (*Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca*, 2014).

El cuarto y último sistema es el interparroquial. Este sistema no está cubierto por la flota de buses del Consorcio CONCUENCA. Las rutas, de este sistema, se encuentran alejadas del centro urbano y su servicio está orientado a las parroquias rurales del cantón, los buses interparroquiales se distinguen de los buses urbanos por su carrocería de color verde (Figura 6), su servicio está prestado por 6 empresas que poseen 86 unidades en conjunto (Tabla 7), parten desde tres terminales hacia tres zonas principales de cobertura (Tabla 8), poseen 18 rutas las cuales están numeradas en forma secuencial y nombradas de acuerdo a la zona principal que recorren (Tabla 9), en la actualidad el sistema interparroquial no posee una estructura organizacional definida ni terminales adecuados que permitan mediante señalética identificar la ruta o destino. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2014).



Figura 6. Bus Interparroquial del cantón Cuenca (*Diario El Mercurio, 2011*).

Tabla 7. Distribución de buses por compañía en buses interparroquiales (*Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca, 2014*).

Compañía	Unidades	Porcentaje
Transvedemasa S.A.	22	25,6%
Castro Hermanos S.A.	3	3,5%
Transmilagro S.A.	12	14,0%
Transvicport S.A.	20	23,3%
26 de Julio S.A.	17	19,8%
Occidental S.A.	12	14,0%
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 8. Terminales de partida y zonificación de sectores por cobertura de buses interparroquiales (*Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2014*).

Terminal de origen	Sector
Terminal 1	Feria Libre
Terminal 2	María Auxiliadora
Terminal 3	Mercado 27 de Febrero
Zona de cobertura	Sector
Zona 1	Tarqui, Victoria del Portete, Cumbe
Zona 2	El Valle, Santa Ana y Quingeo
Zona 3	Sayausí, Sinincay, Chaucha y Molleturo

Tabla 9. Líneas del transporte Interparroquial del cantón Cuenca (*Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca , 2014*).

Número de Línea	Nombre de la Línea	Compañía
Línea N°1	Tarqui	Transvedemasa S.A.
Línea N°2	El Valle y Quingeo	
Línea N°3	Victoria del Portete	
Línea N°4	Cumbe	
Línea N°5	Quingeo	
Línea N°6	Zhucay	Castro Hermanos S.A.
Línea N°7	Quingeo	Transmilagro S.A.
Línea N°8	Macas y Allpacruz	
Línea N°9	Rumipamba	Transvicport S.A.
Línea N°10	Tarqui	
Línea N°11	Victoria del Portete	
Línea N°12	Cumbe	
Línea N°13	El Valle	26 de Julio S.A.
Línea N°14	Santa Ana	
Línea N°15	Conferencia	
Línea N°16	Chaucha	Occidental S.A.
Línea N°17	Molleturo	
Línea N°18	María Auxiliadora	

#### 1.1.1.2. Consorcio SIR.

El Consorcio SIR (Sistema Integrado de Recaudo) funciona desde el año 2009, está encargado del recaudo de los ingresos provenientes de la actividad del transporte, además es responsable de la reparación y mantenimiento de equipos de recaudo, monitoreo de buses, registro de tiempo y longitud de recorridos, conteo de dinero recaudado, recolección de datos de transacciones en detalle, repartición de tarjetas en los 136 puntos estratégicos y carga de saldo a los equipos recargadores de las mismas, generación de las tarjetas de tarifa reducida, entre otros.

En la actualidad el Gerente Sr. Edwin Pauta y el presidente Sr. Geovanny Flores del Consorcio SIR aspiran a la homologación del sistema de caja común implantado por parte de la CTC (Cámara de Transporte de Cuenca, 2015), planteando el mismo a la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) la cual en las recientes reformas de la Ley

Orgánica de Transito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial ha dispuesto como obligatoria la realización de un recaudo de caja común entre las operadoras de transporte público a nivel nacional (Bravo D. , 2014).

## **1.2. Justificación del proyecto.**

Actualmente es de interés local para la Cámara de Transportes de Cuenca (CTC), la renovación de su flota vehicular con unidades que permitan un bajo consumo de combustible y menor nivel de emisiones. El estudio de las necesidades energéticas de un bus urbano permitiría seleccionar con mejor criterio los modelos a comprar, además de estudiar posibles optimizaciones de la flota vehicular actual para mejorar su desempeño en ruta, una de las herramientas que permitiría dicho análisis energético es el ciclo de conducción de un bus urbano de Cuenca.

Los ciclos de conducción o patrones de manejo son herramientas que describen la forma típica de conducir un automóvil en un sector o ruta específicos mediante la representación gráfica de la variación de velocidad en función del tiempo (Sanabria Sandí, 2012), hoy en día tienen gran utilidad en el diseño de automotores, evaluación consumo energético y análisis de emisiones contaminantes (homologación vehicular). En el Ecuador también se utilizan ciclos de conducción para homologar vehículos pero cabe recalcar que ninguno de estos ha sido obtenido en el país, además en Cuenca las emisiones generadas por los automóviles tienen gran relevancia en la contaminación del aire, según la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en promedio un cuencano emite 2520 kilogramos de CO<sub>2</sub> al año debido principalmente a que el 46.27% de la población posee vehículo propio (Baculima, 2013) siendo consecuencia de esto que el 75% de la contaminación atmosférica de la ciudad sea generada por el tráfico público y privado (EMOV EP, 2015)

La entidad encargada del proceso de homologación vehicular en el Ecuador es la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) en coordinación con el Ministerio de Industrias y Competitividad y el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), la

homologación de un bus urbano se basa en las normas: NTE INEN 2205:2010 (Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos), NTE INEN 960 (Vehículos automotores. Determinación de la potencia neta del motor), NTE INEN 1155:2009 (Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad), NTE INEN 1323:2009 (Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos), NTE INEN 1669:2011 (Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos), NTE INEN-ISO 3833:2008 (Vehículos automotores. Tipos. Términos y definiciones), NTE INEN-ISO 612:99 (Vehículos automotores. Dimensiones de vehículos automotores y vehículos remolcados. Términos y definiciones) y NTE INEN 2 207:2002 (Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel), dentro de esta última se analizan los vehículos en función de cuatro ciclos de conducción: el ciclo ECE-15 +EUDC, el ciclo ECE-49, el ciclo FTP-75 y el ciclo Transiente Pesado, dependiendo la utilización de los mismos del lugar de fabricación y categoría del automotor en análisis (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2002). Las normas antes mencionadas utilizan definiciones contempladas en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Siendo el proceso de homologación vehicular descrito en el Reglamento General de Homologación para la Transportación Pública y Comercial. (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2013).

Los ciclos de conducción empleados en el proceso de homologación vehicular descrito en la NTE INEN 2 207:2002 fueron establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y la Unión Europea, pero en realidad, dichos ciclos no son representativos del modo en el que se conduce un bus urbano en la ciudad, pues son elaborados para un automóvil particular dentro de una localidad con condiciones a nivel del mar sin presencia de pendientes significativas en el terreno. Comparar dichos ciclos con un ciclo representativo realizado en Cuenca permitiría evaluar la compatibilidad de los ciclos utilizados en los procesos de homologación con un ciclo real característico del sector permitiendo la validación de los mismos.

### **1.3. Problemática.**

Actualmente no se han registrado estudios sobre determinación de ciclos de conducción en el Ecuador. Existen muchas metodologías para la elaboración de los ciclos, pero ninguna de estas se ha convertido en una referencia estándar a seguir. El análisis de los diferentes ciclos, que se han obtenido en otras localidades, describen procesos y parámetros de análisis comunes en la determinación de ciclos de conducción; pero existen decisiones de los investigadores que van de acuerdo a su criterio científico y que en algunos casos no es el más adecuado. Es por esto que se desea establecer una metodología que rescate procesos comunes de los trabajos previos realizados para definir un ciclo de conducción representativo de forma adecuada. Es importante también mencionar que la mayoría de investigaciones para obtención de ciclos de conducción se han hecho en automóviles particulares, los cuales son muy distintos en forma de manejo a un autobús de servicio público.

### **1.4. Marco Teórico.**

Los efectos como el incremento del calentamiento global (debida a la generación excesiva de gases de efecto invernadero) han despertado la concientización del sector automotriz, fomentando la búsqueda de fuentes energéticas alternativas y automóviles más eficientes con un bajo consumo de combustible y nivel de emisiones. (Gómez de las Heras, 2011), el análisis de los dos parámetros anteriormente citados ha creado los procesos de homologación de vehículos, pues, mediante estos los fabricantes evalúan sus productos al someterlos a pruebas normalizadas reportando el consumo energético y emisiones.

La estandarización de los procesos de homologación requiere crear herramientas que describan el comportamiento de un automotor en ruta, cuando la conducción sobre el volante se ha emulado en una prueba de laboratorio se ha requerido de un ciclo de conducción para poder representar el patrón de manejo típico de un sector. “Los ciclos de conducción describen el comportamiento al volante de los usuarios, tanto en tramos

urbanos como en interurbanos a través de una combinación de distintas velocidades en una escala temporal”. (Idea Secundaria, 2013).

Específicamente, el registro de la velocidad instantánea frente al tiempo es lo que se conoce como ciclo de conducción, el registro de la misma permite la representación del manejo en un sector específico, existen muchos ciclos de conducción dependiendo de las condiciones de circulación emulando tráfico ligero, congestiones, manejo en vías de alta velocidad y entorno urbano así como una mezcla de los anteriores (González Perez & Acevedo, 2010). Un análisis que involucre la importancia del valor de la pendiente del terreno conviene para el ciclo de conducción, la variación del altura es un factor característico de la topografía de la ciudad.

#### **1.4.1. Tipos de ciclos de conducción.**

Para abarcar un gran número de patrones de conducción se puede dividir a los ciclos de conducción en dos tipos principalmente: modales y transitorios (Sanabria Sandí, 2012).

##### **1.4.1.1. Ciclos de conducción modales.**

Los ciclos de conducción modales o estacionarios se caracterizan por poseer tramos con lapsos definidos a velocidades y aceleraciones constantes en gran parte de su perfil de velocidad contra tiempo (Figura 7).

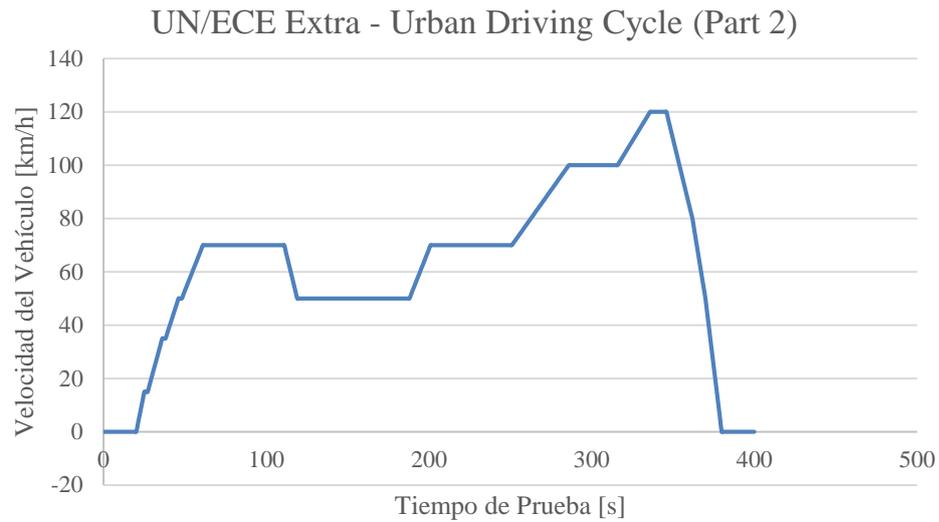


Figura 7. Ejemplo de un ciclo Modal o Estacionario, ciclo UN/ECE Part 2 (*United States Environmental Protection Agency, n.d.*)

#### 1.4.1.2. Ciclos de conducción transitorios.

Los ciclos de conducción transitorios se caracterizan por tener perfiles con muchas variaciones de velocidad en cada instante de tiempo representando las condiciones reales de conducción de un automóvil en ruta. (Figura 8).

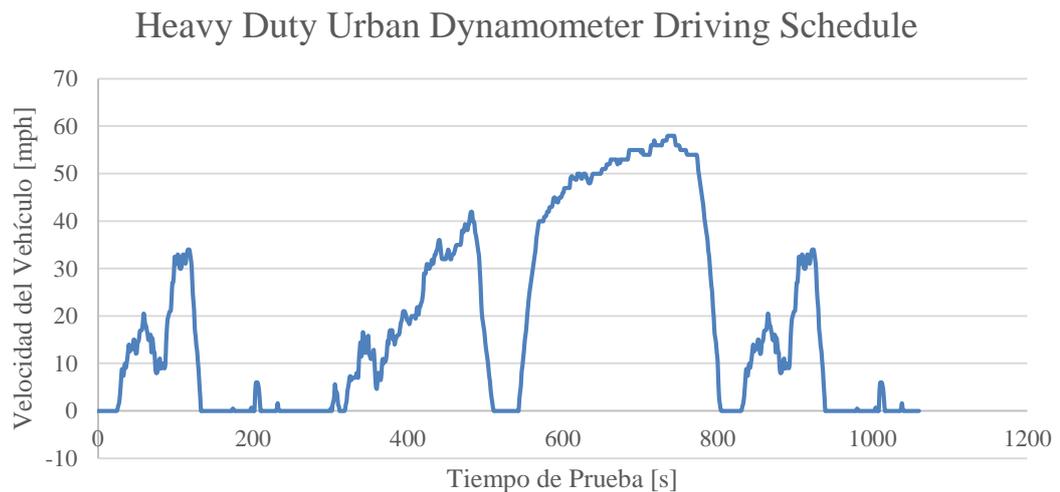


Figura 8. Ejemplo de un ciclo Transitorio, ciclo HDUDDS (*United States Environmental Protection Agency, n.d.*)

## 1.4.2. Métodos de obtención de ciclos de conducción.

### 1.4.2.1. Métodos directos.

“El método directo consiste en seleccionar un recorrido de tráfico real representativo de los datos que estamos analizando” (Gómez de las Heras, 2011), la recolección de información con un equipo y el archivo de la misma en una base de datos se puede denominar como una “curva experimental” (González Pérez & Acevedo, 2010). En este tipo de métodos la adquisición de valores de variación de velocidad con respecto al tiempo forman las curvas experimentales de cada viaje realizado sobre rutas previamente definidas, del total de la muestra o viajes se seleccionara uno que represente a todos los viajes realizados mediante un análisis estadístico previo, un ejemplo de dichos ciclos es el ciclo FTP-75 de la EPA (Figura 9).

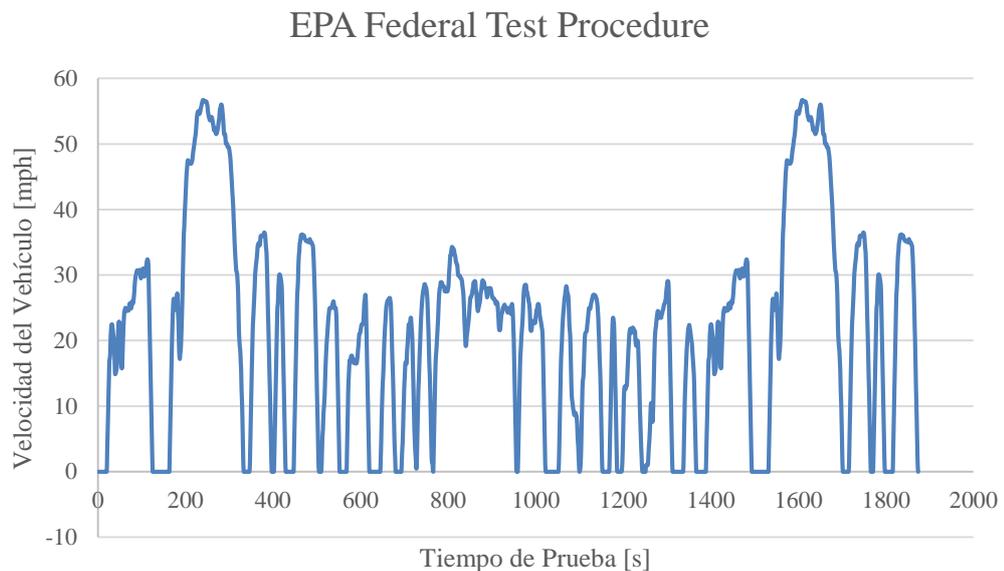


Figura 9. Ciclo de conducción FTP -75 (*United States Environmental Protection Agency, 2013*)

### 1.4.2.2. Métodos indirectos.

“El método indirecto se basa en el procesamiento inicial de los datos. Con este procesamiento se busca obtener la información necesaria para construir un ciclo de conducción representativo” (Gómez de las Heras, 2011), los métodos indirectos también trabajan sobre un registro de viajes realizados en una ruta definida, la recolección de curvas experimentales es utilizada para realizar sobre ellas principalmente métodos de análisis de conglomerados (clustering) agrupando datos que tengan homogeneidad dentro del grupo pero que permitan que los grupos conformados sean heterogéneos entre ellos (Terrádez Gurrea, 2002), con esto se representan los patrones de conducción con muestras significativas de las curvas experimentales, permitiendo ciclos más cortos sin pérdida significativa de información, un ejemplo de este tipo de ciclos de conducción es el NEDC (Figura 10).

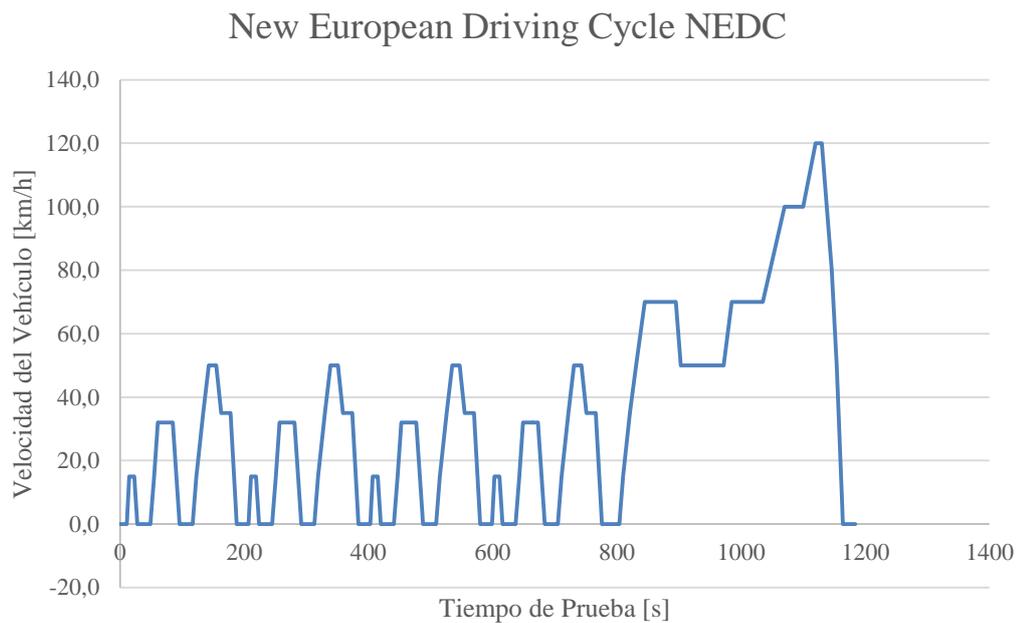


Figura 10. Ciclo de conducción NEDC (*United Nations Economic Commission for Europe, 2005*)

## **1.5. Estado del arte.**

### **1.5.1. Metodologías utilizadas en la obtención de ciclos de conducción.**

Existen muchas investigaciones que se han realizado para obtener el patrón de conducción de un lugar determinado, el objetivo primordial de cada una de estas ha sido reflejar en el ciclo de conducción las condiciones reales de manejo en el sector analizado, generalmente para la determinación de un ciclo de conducción los investigadores han coincidido en procesos comunes como definir una ruta, fijar el método de recolección de datos y de construcción del ciclo de conducción, los procesos realizados en los ciclos de conducción de mayor uso en la industria automotriz se observan en la Tabla 10.

Para el presente trabajo se revisaron metodologías planteadas en varias investigaciones realizadas tanto con métodos de obtención directos como indirectos, en la investigación realizada en el “Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos” (Gómez de las Heras, 2011) se involucra en el análisis la variación de la pendiente del terreno como un factor influyente en el consumo de combustible, de las muestras tomadas se divide a las curvas experimentales en segmentos entre paradas (SEP) y segmentos de parada (SP), se conoce a un SEP como el registro en el cual la velocidad superó los 2 Km/h, mientras que un SP es el registro de datos por debajo de este valor. Se agrupa los SEP y los SP en función de la similitud existente entre los registros, para esto se evalúan los parámetros de velocidad y aceleración en un SEP y el tiempo de duración en un SP, se aplican técnicas estadísticas sobre dichos segmentos y se arma un ciclo de conducción con los SEP y los SP de la muestra recolectada.

De igual forma en los estudios de “Implantación de Vehículos Eléctricos en el Ayuntamiento de Vigo” (González Perez & Acevedo, 2010) y “Determinación de Ciclos de Conducción en Rutas Urbanas Fijas” (Jimenez Alonso, López Martínez, & Román de Andrés, 2013) se obtienen ciclos de conducción al segmentar las curvas experimentales recolectadas en microciclos (similares a los SEP y los SP mencionados

anteriormente) y aplicar sobre estas técnicas estadísticas como el análisis de conglomerados (clustering), en la primera investigación se realiza el levantamiento de información en automóviles livianos y en la segunda se trabaja con buses de servicio público.

Tabla 10. Metodologías empleadas en la determinación de ciclos de conducción mayormente usados en la industria automotriz (*Cedillo Sanchez, 2013*) (*HUNG, 2010*).

Ciclo	Año	Selección de ruta	Recolección de datos	Construcción de ciclo
FTP 72, FTP 75	1972, 1975	Recorrido promedio del hogar al lugar de trabajo de una persona residente de la ciudad de Los Ángeles, (EEUU).	Mediciones tomadas a bordo de vehículo objetivo.	Selección de ciclo que mejor se ajuste al desempeño de los datos recolectados con base en objetivos estadísticos.
ECE 15	1970	Basado en el uso típico de un auto en Europa.	Se construye artificialmente, al ser ciclo estacionario, con fases de velocidad constantes por lo que no considera metodología de recolección de datos.	Formado artificialmente por fases constantes de velocidad, aceleración y desaceleración. Derivados de modelaciones matemáticas con ayuda de estadística.
IEC	1978	Mezcla de las principales rutas de las ciudades más importantes de la comunidad Europea.	Mediciones tomadas a bordo de vehículo objetivo.	Selección de ciclo completo de acuerdo a parámetros objetivos definidos por el investigador sin aparente justificación científica.
TMDC (Taipéi)	1998	Por decisión basada en la experiencia de los investigadores de las condiciones de tráfico de la ciudad a analizar.	Se basa en la técnica llamada "Chase car" que consiste en la "persecución" de vehículos objetivos con vehículo instrumentado.	Selección de ciclo de velocidad completo con la puntuación menor con respecto a la estadística de la muestra completa.
HK and Zhuhai	2006, 2007	Se basa en el análisis del promedio anual de tráfico de la ciudad objetivo así como de los tipos de carretera y dirección del viaje.	Se basa en la técnica llamada "Chase car" que consiste en la "persecución" de vehículos objetivos con vehículo instrumentado.	Selección aleatoria de microtrips, secciones del ciclo tomadas de los muestreos realizados que cumplan parámetros estadísticos objetivos. El ciclo completo se construye uniendo los diferentes microtrips seleccionados.

En la investigación “Desarrollo y validación de un ciclo de conducción para la ciudad de San José de Costa Rica” (Sanabria Sandí, 2012), se realiza un levantamiento de curvas experimentales en un automóvil liviano, mediante un conductor experto sobre una ruta fija, en la muestra recolectada el investigador selecciona 12 parámetros resumen para representar a cada viaje realizado y calcula el Coeficiente de Variación (CV) de la muestra para determinar si el número de viajes es el adecuado. A su vez se divide cada curva experimental en 7 subcorridas (término utilizado por el autor para representar un microciclo) y se construyen ciclos de conducción al realizar combinaciones de las subcorridas de todos los viajes, después sobre los ciclos resultantes aplica el método de mínimas diferencias ponderadas para evaluar que combinación es el ciclo de conducción representativo.

En las investigaciones “Determinación de ciclos típicos de conducción” (Cedillo Sanchez, 2013) y “Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira” (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007) se obtienen ciclos de conducción aplicando métodos directos, la primera investigación involucra en el análisis la variación de pendiente del terreno y se realiza sobre una flota de buses de transporte público, la segunda investigación se realiza en automóviles particulares sin considerar el cambio de pendiente del terreno. En los dos trabajos se levanta un registro de viajes y de la base de datos se escoge como ciclo de conducción al viaje que mejor represente a todos los viajes registrados mediante el método de mínimas diferencias ponderadas. Existen variaciones en los procesos aplicados por cada autor como por ejemplo: en la primera investigación la autora estima en base a su criterio registrar viajes por el lapso de un año mientras que en la segunda los autores calculan el CV de la muestra para estimar que se tiene el número adecuado de viajes, en la primera investigación la autora calcula el valor de las ponderaciones necesarias para la aplicación del método de mínimas diferencias ponderadas mediante una regresión lineal de los parámetros resumen y una estimación de sus pesos relativos contra la variable consumo de combustible mientras que en la segunda investigación los investigadores se imponen estos valores de acuerdo a su criterio.

## **1.6. Objetivos de la investigación.**

### **1.6.1. Objetivo general.**

Determinar los ciclos de conducción de tres rutas del transporte público urbano de Cuenca involucrando en el análisis la variación de la pendiente del terreno.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Elaborar una metodología para determinar ciclos de conducción que incluyan el perfil de altitud, con base en otros trabajos realizados al respecto.
- Aplicar la metodología establecida en tres rutas del transporte urbano de Cuenca y determinar ciclo de conducción de cada ruta.

## **1.7. Alcance y contribuciones.**

Debido a la inexistencia de ciclos de conducción en el Ecuador el presente proyecto propone la determinación del patrón de manejo de tres de las veinte y siete rutas de los buses urbanos de Cuenca, cada ruta está compuesta por dos trayectos y se construirá un ciclo por cada uno, en el proceso de determinación se involucra el análisis de la variación de pendiente del terreno.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA.

#### 2.1 Determinación de procesos.

La metodología a seguir debe explicar claramente los procesos que deben realizarse y el orden de los mismos para la determinación del ciclo de conducción, en la presente investigación dichos procesos son: definición de método de obtención, establecimiento de rutas y vehículos de análisis, instrumentación en vehículos, levantamiento de información y el análisis físico estadístico de la base de datos recolectada (Figura 11).

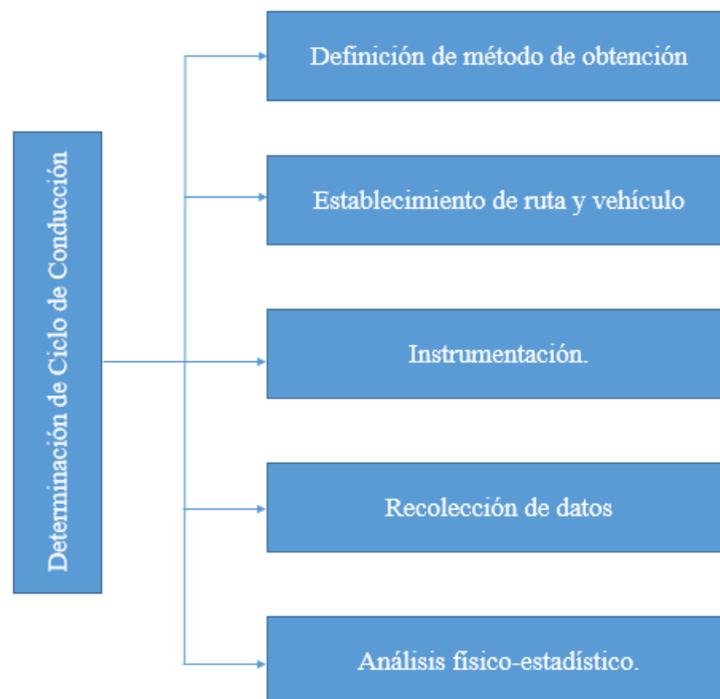


Figura 11. Esquema de procesos para realización de metodología.

### **2.1.1 Método a utilizar.**

La aplicación de un método indirecto de obtención de ciclos de conducción no es óptimo para satisfacer las necesidades planteadas, los ciclos de conducción son una herramienta para estimar la demanda energética de un autobús y es conveniente involucrar todos los datos que conformen una curva experimental, es por este motivo que se empleará un método directo en base a una estimación por promedios ponderados.

### **2.1.2. Determinación de rutas y vehículos de análisis.**

Los registros se obtendrán de unidades que tengan representatividad en la flota de buses del Consorcio CONCUENCA, es preferible que el equipo de muestreo se coloque en unidades de la marca Mercedes Benz modelo OF 1721-52 o Chevrolet de la serie FTR, ya que estas marcas y modelos abarcan el mayor porcentaje de flota de buses urbanos (Tabla 4 y Tabla 5). Se determinarán los ciclos de conducción de las rutas de mayor demanda de pasajeros ya que en dichas líneas se requiere de un número alto de unidades en servicio, menor frecuencia de salida entre unidades, jornadas laborales extensas, por lo que recorren un mayor número de kilómetros diarios debido a la cantidad de viajes que realiza cada unidad. Se debe recalcar que las rutas están compuestas por trayectos de ida y vuelta entre terminales. Los trayectos en su mayoría son distintos a pesar de pertenecer a una misma ruta ya que las calles de circulación no son las mismas. Las tres rutas se eligieron de acuerdo a la demanda de pasajeros. De acuerdo a la información del Consorcio SIR las tres líneas con mayor demanda de pasajeros son: la Línea N°5 (Los Andes – El Salado), la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río) y la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

### 2.1.2.1. Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

La Línea N°5 es una de las tres líneas a cargo de Lancomtri S.A., su ruta tiene dos terminales de recorrido, la primera se encuentra ubicada en las calles Del Condor y De los Colorados (esquina), en el sector de Totoracocha (Figura 12), a dicha terminal se le denomina Los Andes.



Figura 12. Terminal 1 (Los Andes) de la Línea N°5 (Google Inc., 2015).

En su recorrido desde la terminal Los Andes hasta la terminal El Salado las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Del Condor, Totoracocha, Avenida Los Andes, Yanahurco, Avenida Guapondelig, General Eloy Alfaro, Presidente Córdova, Avenida 3 de Noviembre, Simón Bolívar, Avenida 12 de Abril, Avenida Fray Vicente Solano, Avenida Don Bosco, Avenida Loja, Avenida de las Américas, Avenida Ricardo Durán, Vicente Malo, 2 de Agosto y Mariano Godoy alcanzando en este punto la segunda terminal El Salado (Figura 13).

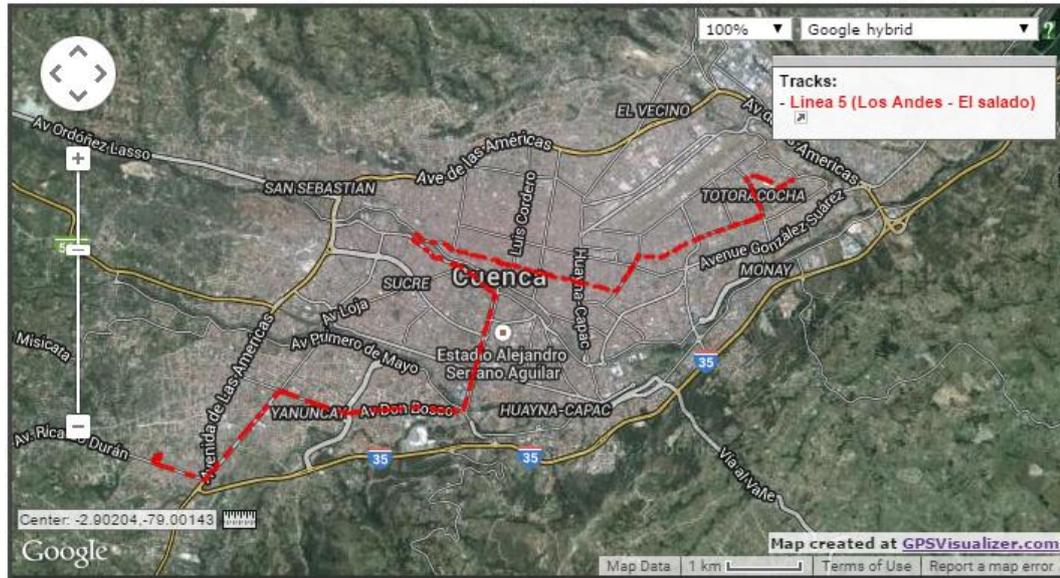


Figura 13. Recorrido Línea N°5 Los Andes - El Salado (adamschneider.net, 2015).

La segunda terminal se encuentra ubicada en las calles Mariano Godoy y Avenida Ricardo Durán (esquina), en el sector de Baños cercano a la “Unidad Educativa Borja” (Figura 14), a esta terminal se le denomina El Salado y es de finalización de recorrido.

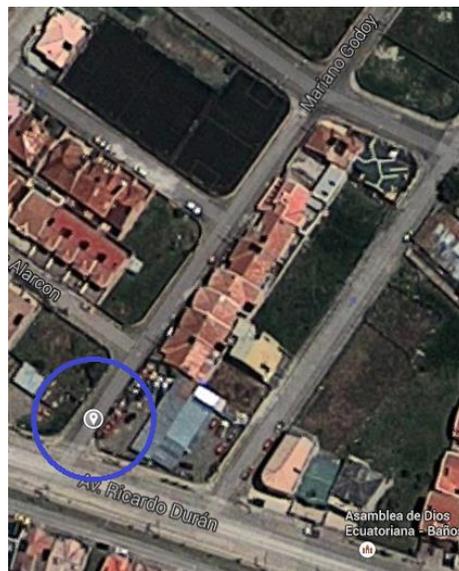


Figura 14. Terminal 2 (El Salado) de la Línea N°5 (Google Inc., 2015).

En su recorrido desde la terminal El Salado hasta la terminal Los Andes las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Avenida Ricardo Durán, Avenida de las Américas, Avenida Loja, Avenida Don Bosco, Avenida Fray Vicente Solano, Avenida 12 de Abril, Avenida Loja, La Condamine, Tarqui, Calle Larga, Manuel Vega, Mariscal Sucre, Huayna Capac, Juan José Flores, Avenida Guapondelig, Yanahurco, Avenida Los Andes, Totoracocha y Del Condor alcanzando en este punto la primera terminal Los Andes (Figura 15).

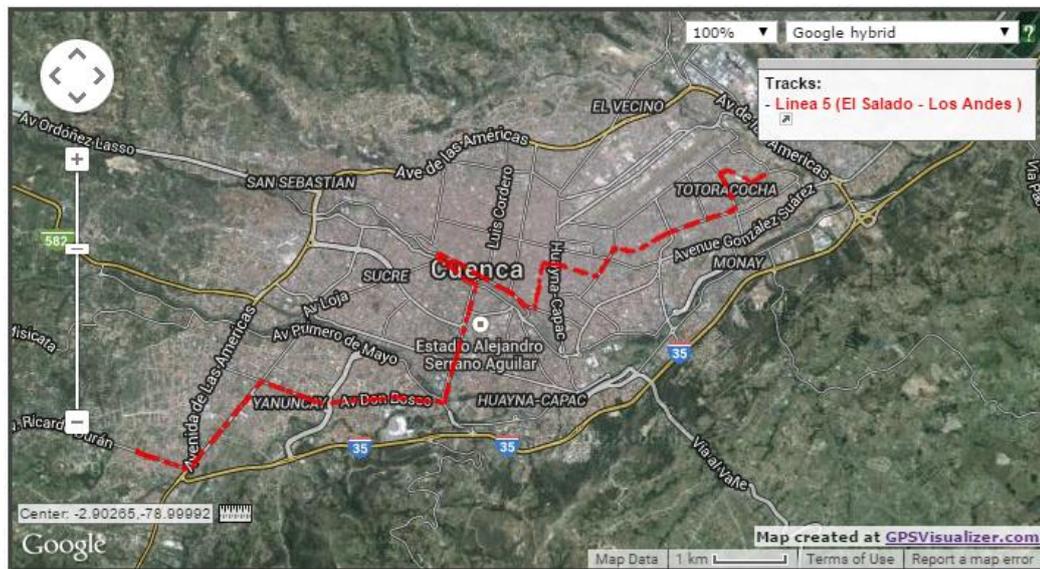


Figura 15. Recorrido Línea N°5 El Salado - Los Andes (*adamschneider.net, 2015*).

#### 2.1.2.2. Línea N°7 (Trigales - Mall del Río).

La Línea N°7 es una de las dos líneas a cargo de Uncometro S.A., su ruta tiene dos terminales de recorrido, la primera se encuentra ubicada en la entre las calles Albino del Curto y Luis Benigno Torres, en el sector de los Trigales (Figura 16), a dicha terminal se le denomina Trigales.

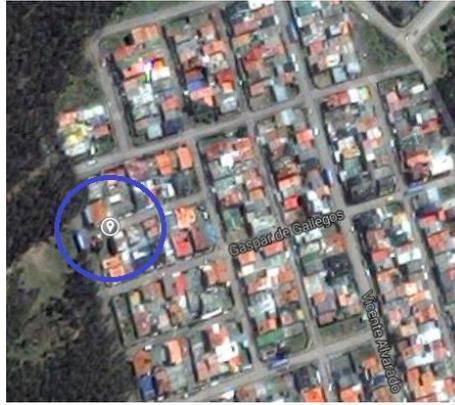


Figura 16. Terminal 1 (Trigales) de la Línea N°7 (Google Inc., 2015).

En su recorrido desde la terminal Trigales hasta la terminal Mall del Río las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Luis Benigno Torres, Vicente Alvarado, Gaspar de Gallegos, Ernesto Alvarez, De los X Juegos Bolivarianos, Alfonso Rivera Novillo, Duitama, San Silvestre, Camino a Patamarca, Paseo Río Machangara, Avenida de las Américas, Turuhuayco, Avenida Gil Ramírez Dávalos, Chapetones, Avenida España, Huayna Capac, Avenida 12 de Abril, Edwin Sacoto, Avenida Remigio Crespo Toral, Avenida de las Américas, Avenida México, Avenida 10 de Agosto, Pichincha, Avenida 12 de Octubre, Circunvalación Sur, y Avenida Felipe II alcanzando en este punto la segunda terminal Mall del Río (Figura 17).



Figura 17. Recorrido Línea N°7 Trigales – Mall del Río (adamschneider.net, 2015).

La segunda terminal se encuentra ubicada en la Avenida Felipe II, en el sector del Mall del Río cercano al Colegio “Técnico Salesiano” (Figura 18), a esta terminal se le denomina Mall del Río y es de finalización de recorrido.



Figura 18. Terminal 2 (Mall del Río) de la Línea N°7 (Google Inc., 2015).

En su recorrido desde la terminal Mall del Río hasta la terminal Trigales las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Avenida Felipe II, Avenida Don Bosco, Avenida 12 de Octubre, Avenida Isabel la Católica, Avenida Loja, Avenida 1 de Mayo, Avenida de las Américas, Guayas, Edwin Sacoto, Avenida 12 de Abril, Avenida Fray Vicente Solano, Florencia Astudillo, Avenida 12 de Abril, Avenida Pumapungo, Huayna Capac, Avenida González Suárez, José Joaquín de Olmedo, Avenida España, Avenida Elia Liut, Avenida Gil Ramírez Dávalos, Avenida España, Octavio Chacón Moscoso, Paseo Río Machangara, Camino a Patamarca, San Silvestre, Duitama, Alfonso Rivera Novillo, De los X Juegos Bolivarianos, Ernesto Álvarez, Vicente Alvarado y Albino del Currtto alcanzando en este punto la primera terminal Los Trigales (Figura 19).



Figura 19. Recorrido Línea N°7 Mall del Río - Trigales (*adamschneider.net*, 2015).

### 2.1.2.3. Troncal 100 (Ricaurte - Baños).

La Troncal 100 es una línea compartida por las siete empresas que conforman el Consorcio CONCUENCA, su ruta tiene dos terminales de recorrido y atraviesa las dos centrales de transferencia del Sistema Integrado de Transporte (SIT), la primera se encuentra ubicada en la finalización de la calle Daniel Durán y su bifurcación en las vías Ricaurte – El Guabo y Ricaurte – Llaoco (esquina), en el sector de Ricaurte (Figura 20), a dicha terminal se le denomina Ricaurte.



Figura 20. Terminal 1 (Ricaurte) de la Troncal 100 (*Google Inc.*, 2015).

En su recorrido desde la terminal Ricaurte hasta la terminal Baños las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Daniel Durán, Vía a Ricaurte, Panamericana Norte, Avenida España, Avenida Gil Ramírez Dávalos, Chapetones, Del Chorro, Sebastián de Benalcázar, Avenida Gil Ramírez Dávalos, Huayna Cápac, Antonio Vega Muñoz, Abraham Sarmiento, Gran Colombia, Avenida de las Américas y Avenida Ricardo Durán alcanzando en este punto la segunda terminal Baños (Figura 21).



Figura 21. Recorrido Troncal 100 Ricaurte - Baños (*adamschneider.net*, 2015).

La segunda terminal se encuentra ubicada en la Avenida Ricardo Durán entre las calles 8 de Septiembre y Vía a Misicata, en el sector de Baños cercano a la Iglesia del Santuario de Nuestra Señora de Guadalupe (Figura 22), a esta terminal se le denomina Baños y es de finalización de recorrido.



Figura 22. Terminal 2 (Baños) de la Troncal 100 (Google Inc., 2015).

En su recorrido desde la terminal Baños hasta la terminal Ricaurte las unidades atraviesan las siguientes calles de forma secuencial: Avenida Ricardo Durán, Avenida de las Américas, Alfonso Andrade, Gaspar Sangurima, Huayna Cápac, Avenida Gil Ramirez Dávalos, Avenida España, Panamericana Norte, Vía a Ricaurte, Benigno Vásquez, Ricaurte – El Guabo y Daniel Durán alcanzando en este punto la primera terminal Ricaurte (Figura 23).



Figura 23. Recorrido Troncal 100 Baños - Ricaurte (adamschneider.net, 2015).

### 2.1.3. Instrumentación.

El registro de la velocidad instantánea contra tiempo de recorrido y de altitud se recolectará a través de un equipo GPS con una resolución mínima de 1 Hz, permitiendo grabar un dato de velocidad y posición por cada segundo transcurrido, para evaluar la pendiente del terreno de preferencia dicho equipo debe permitir adquirir la coordenada con la mejor precisión disponible, actualmente los navegadores GPS cuentan con altímetros barométricos que pueden adquirir el altura sobre el nivel del mar con mayor precisión, dentro de los dispositivos existentes en el mercado local se ha seleccionado para el levantamiento de información un navegador marca Garmin modelo GPSmap® 60CSx versión de software 4.00 (Figura 24), sus especificaciones principales están listadas a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Características físicas y rendimiento GPSmap® 60CSx. (Garmin Ltd. , 2015)

<b>Características físicas y rendimiento GPSmap® 60CSx</b>	
Dimensiones de la unidad (Ancho/Alto/Profundidad)	6.1 x 15.5 x 3.3 cm
Tamaño de la pantalla (Ancho/Alto)	3.8 x 5.6 cm
Resolución de pantalla (Ancho/Alto)	160 x 240 píxeles
Precisión de posición	3 metros
Sistema de navegación global (GNSS)	Sí (WAAS/EGNOS)
Número de Satélites utilizados	12 satélites
Resolución de datos de velocidad	0.1 kilómetros por hora
Peso	213 g con baterías.
Batería	2 baterías AA
Duración de la batería	18 horas
Clasificación de resistencia al agua	IPX7
Receptor de alta sensibilidad	Equipado
Interfaz del equipo	Serie y USB
Altímetro barométrico	Equipado
Brújula electrónica	Equipado



Figura 24. Navegador Garmin GPSmap® 60CSx. (Garmin Ltd. , 2015)

### 2.1.3.1 Configuración del equipo GPSmap® 60CSx.

Al encender el navegador GPSmap® 60CSx se aprecia la pantalla de bienvenida del navegador seguida de la pantalla de satélites y adquisición de posición (Figura 25), en dicha pantalla se registra el número de satélites que contribuirán a determinar las coordenadas de ubicación del navegador y su nivel de señal, es conveniente permitir al navegador registrar una posición tridimensional de ubicación, esto se alcanza cuando se ha adquirido la señal de cuatro satélites como mínimo y se visualiza el icono 3D en la barra de estado, las coordenadas de latitud y longitud, precisión de posición especificada y su tolerancia se aprecian también.

Cuando el equipo ha iniciado es conveniente configurarlo para optimizar la exactitud del registro de datos, en el menú principal del navegador GPSmap® 60CSx se selecciona la opción Configuración para abrir el menú de configuraciones, dentro de este se selecciona la opción sistema y en el menú que se despliega se activa la opción WAAS (Wide Area Augmentation System) / EGNOS (European Satellite Based Augmentation System) (Figura 26), dicha opción permite mejorar la integridad de la señal captada por el navegador e incrementar la precisión de la posición registrada,

para el caso de la región Sudamericana el sistema que permite el incremento de exactitud es EGNOS ya que el sistema WAAS es para uso de Estados Unidos.

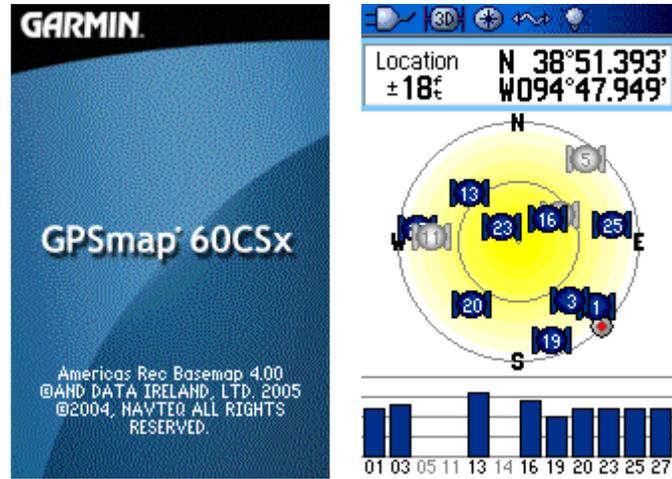


Figura 25. Pantallas de bienvenida y satélites del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005)



Figura 26. Menú: Principal, Configuración y Sistema del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005)

Cuando la señal sea diferenciada y se active la corrección de la misma, el navegador GPSmap® 60CSx pasara a trabajar con un sistema de navegación global por satélite (GNSS) en vez de un sistema clásico de posicionamiento por satélite (GPS)

(Quintanilla García, Irimia Cervera, Berné Valero, & Fortuny López), se identificará sobre las barras correspondientes a la intensidad de señal de los satélites captados la letra D (Figura 27) que corresponde a la diferenciación para la corrección de las señales, la precisión máxima mostrada en el navegador GPSmap® 60CSx corresponde a  $\pm 2$  metros, es conveniente también activar la opción de mantener encendido cuando la fuente de alimentación externa se pierda en el menú sistema.

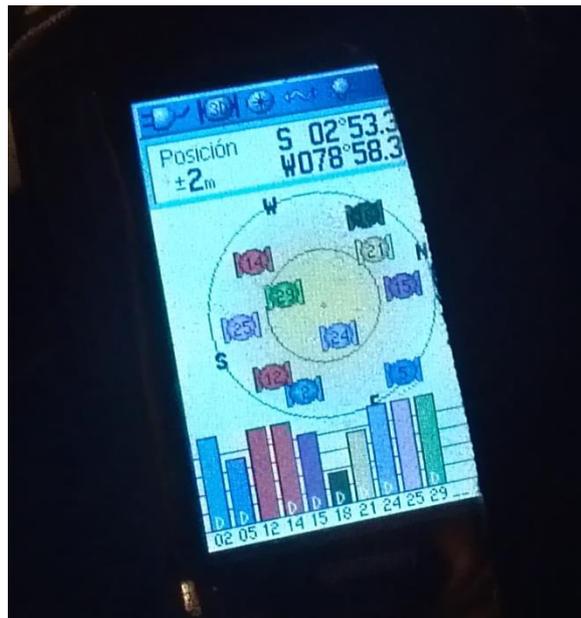


Figura 27. Activación del sistema de navegación global por satélite (GNSS) en el navegador GPSmap® 60CSx.

Antes de iniciar el registro de datos se configuran las unidades en las que se adquirieran las variables: velocidad, distancia, coordenadas de posición, altura, temperatura, presión atmosférica y se calibra el altímetro barométrico con un patrón de altura fija de la ciudad. En el menú principal del navegador GPSmap® 60CSx se accede al menú de configuraciones dentro del cual selecciona la opción configuración de unidades y se procede a especificar las unidades de cada variable, para el registro de curvas experimentales se ha calibrado la velocidad en kilómetros por hora (Km/h), la distancia en kilómetros (Km), las coordenadas de posición en grados ( $^{\circ}$ ), el altitud en metros (m), la temperatura en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la presión atmosférica en milibares

(mb), el patrón de calibración de altitud (Figura 28) fue 2530 m en el sector del puente de la Asunción, el cuál fue un referente otorgado por el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE).

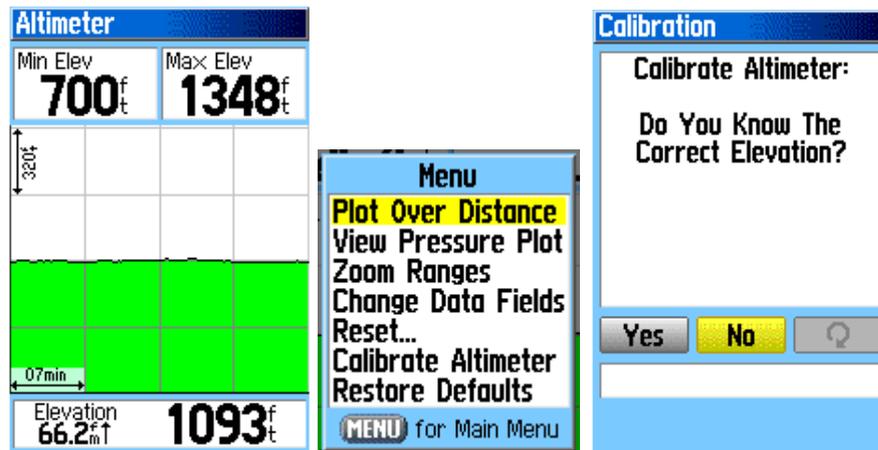


Figura 28. Página de Altímetro, menú de configuración e ingreso de elevación del navegador GPSmap® 60CSx (Garmin Ltda., 2005).

Para recolectar datos de desplazamiento del menú principal se selecciona la opción Tracks, dentro esta se activa el Track Log para iniciar la recolección de puntos o se la desactiva para terminarla (Figura 29), el espacio de trackpoints que puede registrar el navegador es de 10000 puntos o 20 tracks, pero los archivos de extensión .GPX almacenados en la memoria extraíble tienen mayor capacidad, siendo los mismos de 86400 trackpoints diarios como máximo al grabar a la mínima frecuencia de adquisición (1 Hz) en el navegador, siendo dicha capacidad suficiente para la construcción de curvas experimentales.

Es preferible para la recolección de datos que el registro de muestreo del navegador sea configurado a una frecuencia de 1 Hertz, para lograr esto en la pantalla Tracks se selecciona la casilla configuración del Track Log, en el menú desplegado en la casilla método de grabado se selecciona la opción Tiempo y en el intervalo de registro se configura este para que la resolución de muestreo se de cada 1 segundo de recorrido (Figura 30), realizadas las configuraciones se puede iniciar el proceso de validación

del equipo para determinar si el mismo es apto para el levantamiento de curvas experimentales.



Figura 29. Menú: Principal y Tracks del navegador GPSmap® 60CSx

(Garmin Ltda., 2005)

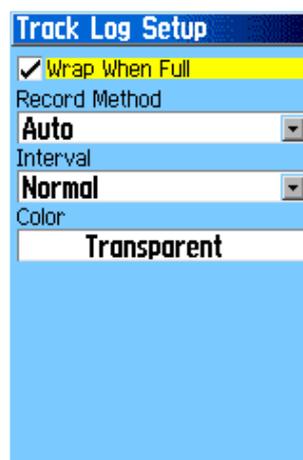


Figura 30. Menú de configuración del Track Log del navegador GPSmap® 60CSx

(Garmin Ltda., 2005).

### 2.1.3.2 Validación del equipo GPSmap® 60CSx.

Para validar el equipo de registro se someterá al navegador GPSmap® 60CSx a una prueba estática que consiste en registrar los datos de ubicación durante dos días completos, de los registros obtenidos se calculan los valores de CEP (Circular Error Probable) y 2DRMS (Twice the Distance Root Mean Square) que permiten determinar el rango de exactitud donde estarán contenidas las posiciones registradas (Cedillo

Sanchez, 2013), el valor correspondiente a la coordenada de altura también se registra y se analiza la variación de la misma para reportar un rango de error donde se encuentren las mediciones, de preferencia se ubica el equipo donde no exista obstrucción hacia cielo abierto para permitir precisión en el registro de medidas.

El cálculo del radio del círculo en el cuál estarán contenidos aproximadamente el 50% de los datos longitudinales registrados (CEP) utiliza la Ec.1, para calcular el radio del círculo que engloba a aproximadamente el 95% de los registros aportados (2DRMS) se recurre a la Ec.2. Los datos son grabados en un archivo de extensión .GPX en la raíz de la tarjeta de memoria externa del navegador, se convierte el mismo en un archivo de extensión .TXT mediante el servidor de [www.gpsvisualizer.com](http://www.gpsvisualizer.com) y se lo procesa en el ambiente Microsoft® Excel; los registros de posición están en grados enteros con hasta seis decimales, para que el resultado calculado sea comparable con las especificaciones aportadas por el fabricante se debe convertir dichos registros a coordenadas UTM.

$$CEP = 0.59(\sigma_{Lat} + \sigma_{Lon}) \quad (Ec.1)$$

Donde:

CEP = Error Circular Probable (m)

$\sigma_{Lat}$  = desviación estandar de Latitud (m)

$\sigma_{Lon}$  = desviación estandar de Longitud (m)

$$2DRMS = 2\sqrt{\sigma_{Lat} + \sigma_{Lon}} \quad (Ec.2)$$

Donde:

2DRMS = Dos veces la Distancia de la Media Cuadrática (m)

$\sigma_{Lat}$  = desviación estandar de Latitud (m)

$\sigma_{Lon}$  = desviación estandar de Longitud (m)

Los resultados de las pruebas realizadas (Tabla 12) permiten validar la especificación de precisión de posicionamiento aportada por el fabricante y conocer el rango de error del equipo operando en nuestro medio, la precisión de la coordenada de altitud no ha sido otorgada por el fabricante en las características del equipo por lo que se especificará la variación máxima de altitud obtenida en cada medición realizada.

Tabla 12. Resultados de validación de navegador GPSmap® 60CSx

Parámetros	Pruebas Realizadas		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Desviación latitud [m]	3.38	2.20	2.79
Desviación longitud [m]	3.76	2.39	3.08
CEP [m]	4.21	2.71	3.46
2DRMS [m]	5.34	4.29	4.82
Error CEP [%]	40.43	-9.64	15.33
Error 2DRMS [%]	78.14	42.90	60.67
Variación altura [m]	37.7	32.6	35.15

#### 2.1.4. Recolección de datos.

Este proceso se fundamenta en la logística que se emplea para la recolección de datos, existen tres técnicas principales que permiten su desarrollo (Tabla 13) las cuales son: automóvil de seguimiento, conductor experto y conductor cotidiano.

Para la investigación se empleará al conductor cotidiano de cada bus con el fin de registrar las condiciones normales de operación. Para minimizar las desventajas es preferible ubicar el equipo de registro GPS en un lugar que no sea notado por el chofer para no alterar sus conductas de manejo y el salvaguardo de los datos que han sido registrados.

Tabla 13. Técnicas de recolección de datos empleadas en la determinación de ciclos de conducción (*Cedillo Sanchez, 2013*).

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Automóvil de seguimiento.	Instrumentación “completa” de un vehículo el cual será el encargado de “perseguir” vehículos objetivo instrumentados a un menor nivel. Registro de condiciones de manejo de vehículos objetivos a través de seguimiento o persecución durante las rutas seleccionadas.	La recolección de los datos depende de la selección del “chase car” ya que de éste dependerá el registro de datos al “perseguir” los vehículos objetivo. Influencia del “chase car” sobre los vehículos objetivos durante la persecución afectando el registro de datos que muestren las condiciones reales de conducción. Asegurar la correcta selección de láser (instrumentación) para medición de distancias, ya que de su resolución e instalación dependerá el registro de los datos. Baja relación con desempeño en condiciones normales por comportamiento anormal debido al sentimiento de persecución. Incremento de cambios de velocidad al tratar de seguir a carro objetivo. Baja correlación en giros por las pérdidas de señal del láser con el vehículo objetivo.
Conductor experto	Repetibilidad en muestreo al permanecer constante la variable del conductor.	Baja relación con desempeño en condiciones normales al aplicar diferentes técnicas de manejo que un conductor común no desarrolla. El registro de las mediciones depende de un buen conductor experto, es necesario asegurar la habilidad del conductor a ser empleado.
Conductor cotidiano	Alta relación con desempeño normal de condiciones de conductor común.	Incremento en complejidad de logística de recolección y costo de instrumentación. Posibles ajustes de velocidad al sentirse monitoreado el conductor. Incremento de variables durante la recolección de datos.

### 2.1.5. Análisis físico-estadístico.

#### 2.1.5.1. Análisis por promedios ponderados.

La propuesta metodológica de determinación de ciclos de conducción por promedios ponderados ha sido ya realizada con anterioridad y su aplicación se registra en países como: Colombia, México, Australia, Francia y Estados Unidos (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007). La obtención del ciclo de conducción resultante de una muestra de curvas experimentales se realiza al comparar las variables representativas de mayor

influencia de cada curva experimental con respecto al promedio de dichas variables en todas las curvas experimentales con la asignación previa de una ponderación.

Las variables en cuestión se denominan parámetros resumen, para la determinación del ciclo de conducción de un bus urbano se han escogido parámetros presentes en otros trabajos de investigación, dichos parámetros son: velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo total de recorrido, tiempo en ralentí, tiempo con aceleración positiva, distancia recorrida, número de paradas, aceleración máxima (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007), resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, resistencia a la inercia y resistencia aerodinámica (Cedillo Sanchez, 2013).

La metodología propone que para determinar un ciclo de conducción que represente a todas las curvas experimentales recolectadas se debe escoger el recorrido que más se aproxime a la media de dichos recorridos en sus parámetros resumen. Esto se realiza al minimizar los promedios ponderados de la diferencia de cada parámetro con respecto a la media así (Ec.3):

$$y = \arg \min \sum f_i(x_i - \bar{x}) \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

$y$  = Valor mínimo de la sumatoria de parametros ponderados.

$f_i$  = Factor de ponderación para cada parámetro.

$x_i$  = Valor de parametro resumen.

$\bar{x}$  = Media de valores de parametros resumen.

Mediante la (Ec.3) se le da una valoración a cada recorrido y de todos los registrados se selecciona el que corresponda al valor mínimo, ya que dicho recorrido posee la menor desviación de todos los parámetros resumen en análisis con respecto a su media. Para proceder a la comparación de estas variables se modifica la (Ec.3) y se calcula en términos adimensionales como se establece en la Ec.4.

$$y = \min \left( \sum W_i \frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{\bar{P}} \right) \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

$y$  = Valor mínimo de la sumatoria de parametros.

$W_i$  = Peso de la ponderación del parametro  $i$  dividido para la suma de total de las ponderaciones.

$P_{ij}$  = Valor de parametro  $i$  para el ciclo  $j$ .

$\bar{P}$  = Media de valores del parametro  $i$ .

Los factores de ponderación se pueden estimar en un proceso de regresión lineal múltiple realizada entre las variables independientes (parámetros resumen) y su variable dependiente (fuerza en rueda), pero si existiera correlación entre variables independientes (multicolonialidad) resultaría difícil cuantificar el efecto de cada regresor en la variable respuesta, para evitar dichos problemas se determina los valores de ponderación por el método de pesos relativos, el proceso se describe a continuación.

#### **2.1.5.2. Cálculo de pesos relativos.**

El peso relativo que tiene un predictor en una regresión múltiple es difícil de determinar, debido principalmente a la relación existente entre las variables independientes. La metodología de pesos relativos describe la proporción que tiene cada predictor con respecto al coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Gibson (1962) y Jhonson (1966) (Johnson, 2000) determinaron que los pesos relativos de un conjunto de variables independientes en una regresión pueden ser aproximados a través de la creación de un conjunto de variables altamente relacionadas con las variables originales, pero sin correlación entre ellas. La variable dependiente puede

regresionarse utilizando las variables creadas para determinar el peso relativo de las variables originales (Johnson, 2000). Para obtener el conjunto mejor aproximado de variables ortogonales se realiza lo siguiente (Cedillo Sanchez, 2013):

Los datos se estandarizan para eliminar las posibles afectaciones con respecto a la importancia relativa de cada una de las variables independientes al tener unidades de medida diferentes que pudiesen afectar la contribución real de la variable. Para ello se utiliza la (Ec.5) que toma en cuenta la media y la desviación estándar de las mediciones realizadas.

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

$z$  = Valor de parametro resumen estandarizado.

$x_i$  = Valor de parametro resumen.

$\bar{x}$  = Media de valores de parametros resumen.

$\sigma$  = Desviación estándar.

Al determinar los pesos relativos se busca valorar la importancia relativa de cada variable con respecto a la respuesta analizada. La importancia relativa hace referencia a la contribución de cada variable independiente con la variable dependiente de forma individual y combinada con las variables restantes. Para su determinación se siguen los pasos descritos a continuación:

En primer lugar se transforma la matriz inicial de variables independientes en una matriz de alta correlación con esta pero sin correlación entre las variables. Para el caso la matriz  $X$  es generada por los parámetros resumen de cada uno de las curvas experimentales registradas, en esta matriz se realiza su descomposición singular en

tres matrices (Ec.6) donde  $U$  contiene los autovectores de  $XX'$ ,  $V$  contiene los autovectores de  $X'X$  y  $\Delta$  es una matriz diagonal que contiene los valores singulares de la matriz  $X$ . Los valores singulares se obtienen de la raíz cuadrada de los autovalores de  $X'X$  y  $XX'$ . Los valores singulares en  $\Delta$  son únicos a excepción del signo, que arbitrariamente se puede elegir positivo (Johnson, 2000).

$$X = U \Delta V' \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

$X$  = Matriz original de variables independientes.

$U$  = Matriz de autovectores de  $XX'$ .

$V$  = Matriz de autovectores de  $X'X$ .

$\Delta$  = Matriz de valores singulares de  $X$ .

Por lo que la matriz  $Z$  es:

$$Z = UV' \quad (\text{Ec.7})$$

Donde las columnas de la matriz  $Z$  son la mejor aproximación a las columnas de la matriz original  $X$  (Ec.7) ya que minimizan la suma residual de cuadrados de las variables originales y las variables ortogonales. En base a esta aproximación y para disminuir la afectación en los pesos relativos de la alta correlación existente entre las variables independientes, a continuación se hace la correlación de la matriz  $Y$  formada por los valores de la variable dependiente con respecto a la matriz  $Z$  (Ec.8) para determinar los pesos relativos:

$$\beta = \text{correlación } YZ \quad (\text{Ec.8})$$

A continuación se analiza la correlación entre las variables independientes originales con los componentes no correlacionados de la matriz X (Ec.9).

$$\Lambda = \text{correlación } XZ \quad (\text{Ec.9})$$

Finalmente se divide la multiplicación del cuadrado de cada relación de correlación YZ y XZ entre el coeficiente de determinación  $R^2$ , para ponderar su contribución en la predicción de la varianza como se indica en la Ec.10:

$$\varepsilon_i = \frac{\Lambda_i^2 \beta_i^2}{R^2} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

$\Lambda$  = Correlación XZ.

$\beta$  = Correlación XZ.

$R^2$  = Coeficiente de determinación.

$\varepsilon_i$  = Peso relativo.

### 2.1.5.3. Validación del tamaño de la muestra.

La cantidad de curvas experimentales registradas se justifica mediante el cálculo del coeficiente de variación de la muestra, dicho coeficiente se obtiene al dividir la desviación estándar para la media (Ec.11), con esto se puede hallar la variabilidad de una serie de datos con respecto a su media y el resultado se expresa en términos porcentuales. Se considera que los datos tienen poca variabilidad cuando este porcentaje es inferior al 20%, si el coeficiente de variación fuese mayor a dicho

porcentaje se debería recolectar más muestras o emplear otra medida de tendencia central diferente a la media (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007).

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (\text{Ec.11})$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación.

$\bar{x}$  = Media de valores de parametros resumen.

$\sigma$  = Desviación estándar.

## CAPÍTULO III

### OBTENCIÓN DE DATOS.

#### 3.1. Consideraciones en el montaje del navegador GPSmap® 60CSx.

Debido al gran tiempo de registro que se requiere para levantar la base de datos conviene proveer de una fuente de alimentación externa al navegador GPSmap® 60CSx, este tiene la capacidad de alimentarse a través del puerto de conexión mini USB en su parte posterior, la fuente externa será el puerto USB superior de la consola del conductor del bus en análisis y la conexión entre ambos se genera mediante un cable de datos mini USB – USB (Figura 31).



Figura 31. Alimentación externa entre Consola del Conductor y navegador GPSmap® 60CSx

El navegador GPSmap® 60CSx se coloca cerca del parabrisas en posición vertical en un lugar seguro que no incomode al conductor ya que el equipo mejora su recepción a cielo abierto (Figura 32).

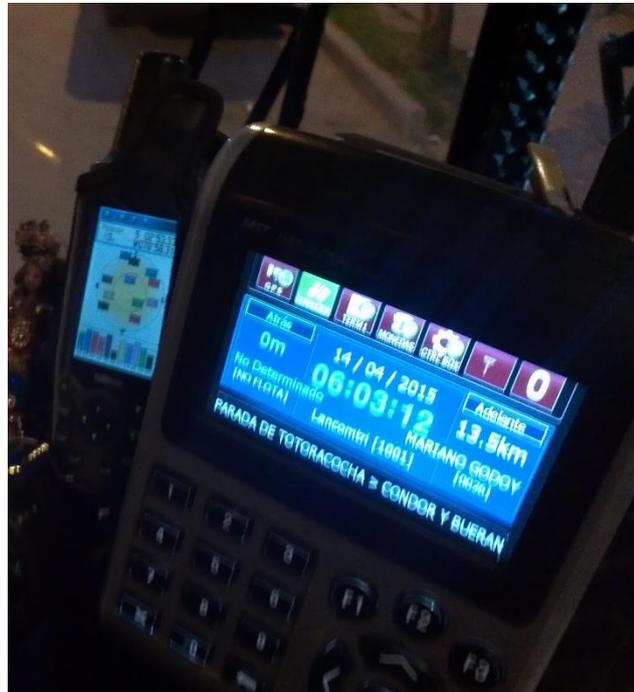


Figura 32. Posicionamiento del navegador GPSmap® 60CSx para registro de datos.

### 3.2. Levantamiento de información.

El navegador GPSmap® 60CSx se instaló generalmente en el primer bus en salir de ruta, el objetivo es recolectar una jornada laboral completa de recorrido, al finalizar la dicha jornada se retira el navegador de la unidad en los distintos puntos de recaudo del Consorcio SIR y se desactiva la grabación de datos, se trata la información obtenida mediante software para depuración y clasificación de la misma.

### 3.2.1. Cronograma de registro.

La recolección de datos inició desde el día miércoles 1 de abril hasta el martes 14 de abril en las unidades de la Línea N°5 (Los Andes – El Salado), desde el miércoles 15 de abril hasta el viernes 24 de abril en las unidades de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río) y desde el lunes 27 de abril hasta el jueves 7 de mayo en las unidades de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños), las fechas antes citadas transcurrieron en el año 2015, se pretendió registrar un mínimo de 34 viajes por trayecto para evaluación de ciclos de conducción por promedios ponderados, el trabajo de campo se desarrolló en días entre semana (Lunes a Viernes) para poseer características similares de tráfico, demanda de pasajeros, frecuencia de recorrido y número de unidades en servicio por línea. Los recorridos fueron recogidos en buses que se encontraban cubriendo los primeros turnos (Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16) con la cooperación de los conductores.

Tabla 14. Registros recolectados en la Línea N°5 Los Andes – El Salado.

<b>Registros levantados en la Línea N°5 (Los Andes – El Salado)</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Registro municipal</b>	<b>Conductor</b>	<b>Tiempo registrado</b>
01/04/2015	01-051	Sergio Peralta	18hrs:00min:46seg
02/04/2015	01-051	Sergio Peralta	15hrs:51min:00seg
06/04/2015	01-013	Jhony Sinchi	13hrs:04min:12seg
07/04/2015	01-013	Jhony Sinchi	02hrs:55min:12seg
09/04/2015	01-033	José Burbano	14hrs:30min:00seg
10/04/2015	01-046	Miguel Sumba	14hrs:36min:36seg
13/04/2015	01-006	Sergio Naranjo	14hrs:58min:12seg
14/04/2015	01-031	Alberto Merchán	13hrs:46min:12seg
<b>Tiempo total registrado</b>			107hrs:42min:00seg
			387723 segundos

Tabla 15. Registros recolectados en la Línea N°7 Trigales – Mall del Río.

<b>Registros levantados en la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río)</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Registro municipal</b>	<b>Conductor</b>	<b>Tiempo registrado</b>
15/04/2015	04-162	Luis Gambisaca	15hrs:07min:56seg
16/04/2015	04-203	Carlos Gonzales	15hrs:21min:17seg
17/04/2015	04-204	Luis Uzhca	16hrs:43min:59seg
21/04/2015	04-155	Luis Peralta	12hrs:38min:56seg
22/04/2015	04-192	Segundo Quilla	00hrs:00min:19seg
23/04/2015	04-169	José Troya	14hrs:44min:54seg
24/04/2015	04-193	Bolívar Ortiz	15hrs:24min:15seg
<b>Tiempo total registrado</b>			90hrs:01min:36seg 324096 segundos

Tabla 16. Registros recolectados en la Troncal 100 Ricaurte – Baños.

<b>Registros levantados en la Troncal 100 (Ricaurte – Baños)</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Registro municipal</b>	<b>Conductor</b>	<b>Tiempo registrado</b>
27/04/2015	04-176	Diego Ortega	18hrs:00min:46seg
28/04/2015	06-343	Juan Guzñay	14hrs:39min:06seg
29/04/2015	01-064	Mario Llivisupa	13hrs:41min:06seg
30/04/2015	02-077	Juan Rocano	15hrs:12min:40seg
05/05/2015	06-321	Hernan Chicaiza	13hrs:47min:36seg
06/05/2015	04-170	Manuel Maya	15hrs:55min:31seg
07/05/2015	04-207	Miguel Sinchi	14hrs:44min:52seg
<b>Tiempo total registrado</b>			105hrs:09min:12seg 378552 segundos

### 3.2.2. Obtención y conversión de registros.

Cuando el bus termina su jornada de trabajo se retira el navegador y se lo configura como una unidad de almacenamiento masivo, los datos han sido recopilados en un archivo de extensión .GPX presente en la raíz de la memoria del navegador, en este se distingue la fecha en formato año/mes/día. Para obtener los datos correspondientes a

posición en latitud, longitud, altura, tiempo y velocidad, se exporta el archivo al servidor de [www.gpsvisualizer.com](http://www.gpsvisualizer.com) para convertir el archivo de formato .GPX a .TXT (Figura 33) descompuesto en las variables de interés antes citadas (Tabla 17).

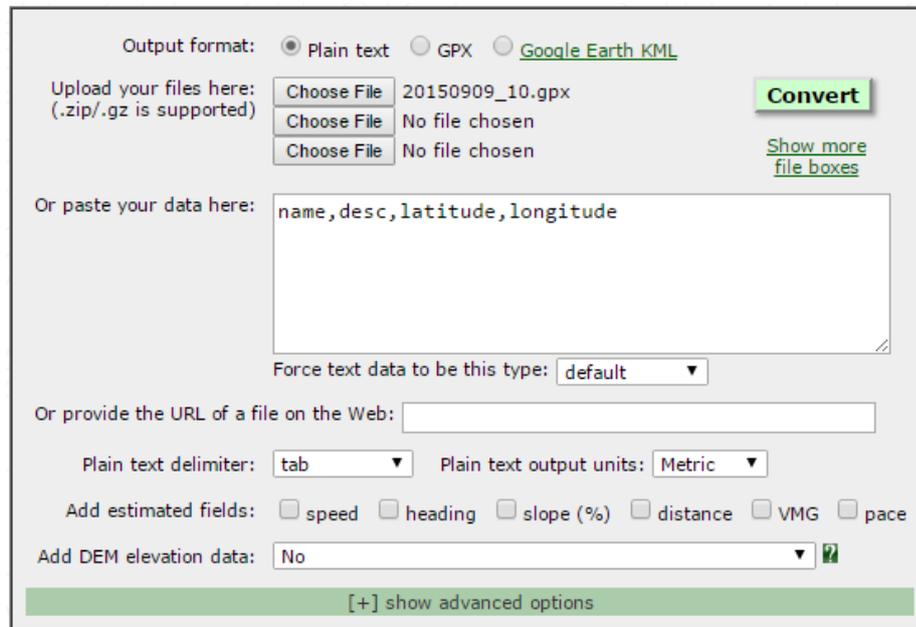


Figura 33. Conversión de archivo .GPX a .TXT mediante [www.gpsvisualizer.com](http://www.gpsvisualizer.com)

Tabla 17. Extracto de datos de un archivo .GPX del navegador GPSmap® 60CSx transformado a .TXT en [www.gpsvisualizer.com](http://www.gpsvisualizer.com)

type	time	latitude	longitude	altitude (m)	speed (km/h)
T	21/04/2015 11:16	-2.867.382.000	-78.990.832.000	2533.2	
T	21/04/2015 11:16	-2.867.382.000	-78.990.832.000	2534.3	0.0
T	21/04/2015 11:16	-2.867.382.000	-78.990.832.000	2533.5	0.0
T	21/04/2015 11:16	-2.867.383.000	-78.990.832.000	2533.4	0.4
T	21/04/2015 11:16	-2.867.383.000	-78.990.832.000	2533.5	0.0
T	21/04/2015 11:16	-2.867.383.000	-78.990.832.000	2533.2	0.0
T	21/04/2015 11:16	-2.867.383.000	-78.990.832.000	2533.6	0.0
T	21/04/2015 11:16	-2.867.384.000	-78.990.832.000	2533.4	0.4
T	21/04/2015 11:16	-2.867.384.000	-78.990.832.000	2534.0	0.0

### **3.3. Segmentación en curvas experimentales.**

Principalmente en los archivos se debe identificar los viajes en los que el bus traslada pasajeros y recorridos ajenos a esta labor, como pueden ser desplazamientos para realizar mantenimiento, recarga de combustible o los establecidos para recaudar el dinero de la jornada, el procesamiento de datos se da en el ambiente Matlab® (Anexo I) y la base de datos se construye en Microsoft® Excel.

#### **3.3.1. Definición de coordenadas de terminales.**

Las muestras diarias se segmentaron en curvas experimentales de similares características, la realización de este proceso se origina al definir coordenadas de inicio (Terminal 1) y finalización de ruta (Terminal 2), en las terminales se definen puntos estratégicos (generalmente la primera y última parada) y se crea una zona rectangular en la que las coordenadas del punto seleccionado estén en el centro, la amplitud de la zona de registro se evalúa conociendo la dispersión de los buses en las paradas.

Se exporta al ambiente Matlab® el registro de jornada contenido en una hoja de un libro de Microsoft® Excel, el objetivo de la programación es buscar las posiciones registradas que se encuentren dentro de las zonas de las terminales, la primera posición registrada dentro de la zona indica el ingreso a la terminal y la última la salida de la misma; en algunas terminales existieron distintos puntos de partida de los buses dependiendo del horario de trabajo por lo que se construyeron subterminales, las terminales de inicio y las terminales de finalización contienen los puntos límites de una curva experimental en los que generalmente la velocidad llega a cero o valores cercanos.

### 3.3.1.1. Terminales de la Línea N°5 (Los Andes – El Salado).

Para la delimitación de la Terminal 1 (Figura 34) correspondiente a Los Andes se definieron las coordenadas del punto central (primera parada) y sus límites (Tabla 18), los buses en el ingreso y salida de la parada en todas las muestras recolectadas obligatoriamente atravesaron la zona definida por lo que no hubo la necesidad de elaborar subterminales para abarcar toda el área de cobertura (Figura 35).



Figura 34. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1 de la Línea N°5  
(adamschneider.net, 2015).

Tabla 18. Valores: central y limitadores de zona de Terminal 1 de la Línea N°5.

<b>Terminal 1 Línea N°5</b>	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.888576	-78.97150
Punto central	-2.888926	-78.97185
Límite superior	-2.889276	-78.97220
Ancho	77.98 m	
Largo	77.28 m	
Área	6026.59 m <sup>2</sup>	

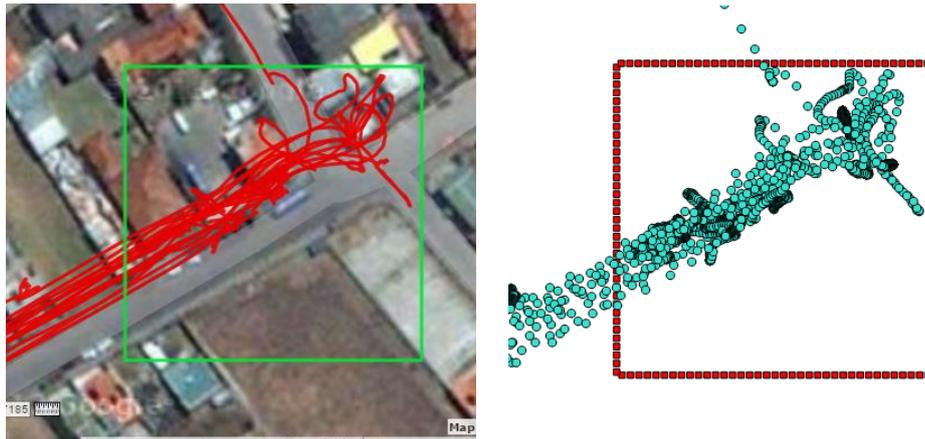


Figura 35. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1 de la Línea N°5  
(*adamschneider.net*, 2015).

Para la delimitación de la Terminal 2 (Figura 36) correspondiente a El Salado se definieron las coordenadas del punto central y sus límites (Tabla 19), los buses en el ingreso y salida de la parada en ciertas muestras recolectadas atravesaron dos zonas distintas por lo que hubo la necesidad de elaborar una subterminal para abarcar toda el área de cobertura (Figura 37), formando la Terminal 2 y la Terminal 2a.



Figura 36. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5 (*adamschneider.net*, 2015).

Tabla 19. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5.

<b>Terminal 2 Línea N°5</b>	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.921194	-79.045091
Punto central	-2.921544	-79.045441
Límite superior	-2.921894	-79.045791
Ancho	77.97 m	
Largo	77.28 m	
Área	6025.88 m <sup>2</sup>	
<b>Terminal 2a Línea N°5</b>		
Límite inferior	-2.921107	-79.043715
Punto central	-2.921457	-79.044065
Límite superior	-2.921807	-79.044415
Ancho	77.97	
Largo	77.28	
Área	6025.89 m <sup>2</sup>	

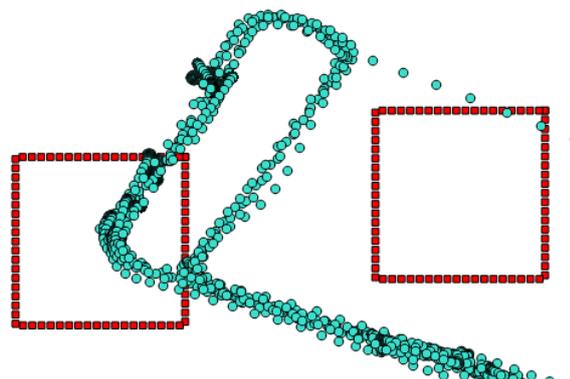


Figura 37. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 y Terminal 2a de la Línea N°5 (*adamschneider.net, 2015*).

### 3.3.1.2. Terminales de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).

Para la delimitación de la Terminal 1 (Figura 38) correspondiente a Los Trigales se definieron las coordenadas del punto central y sus límites (Tabla 20), los buses en el ingreso y salida de la parada en ciertas muestras recolectadas atravesaron tres zonas distintas por lo que hubo la necesidad de elaborar subterminales para abarcar toda el área de cobertura (Figura 39), formando la Terminal 1, Terminal 1a y la Terminal 1b.

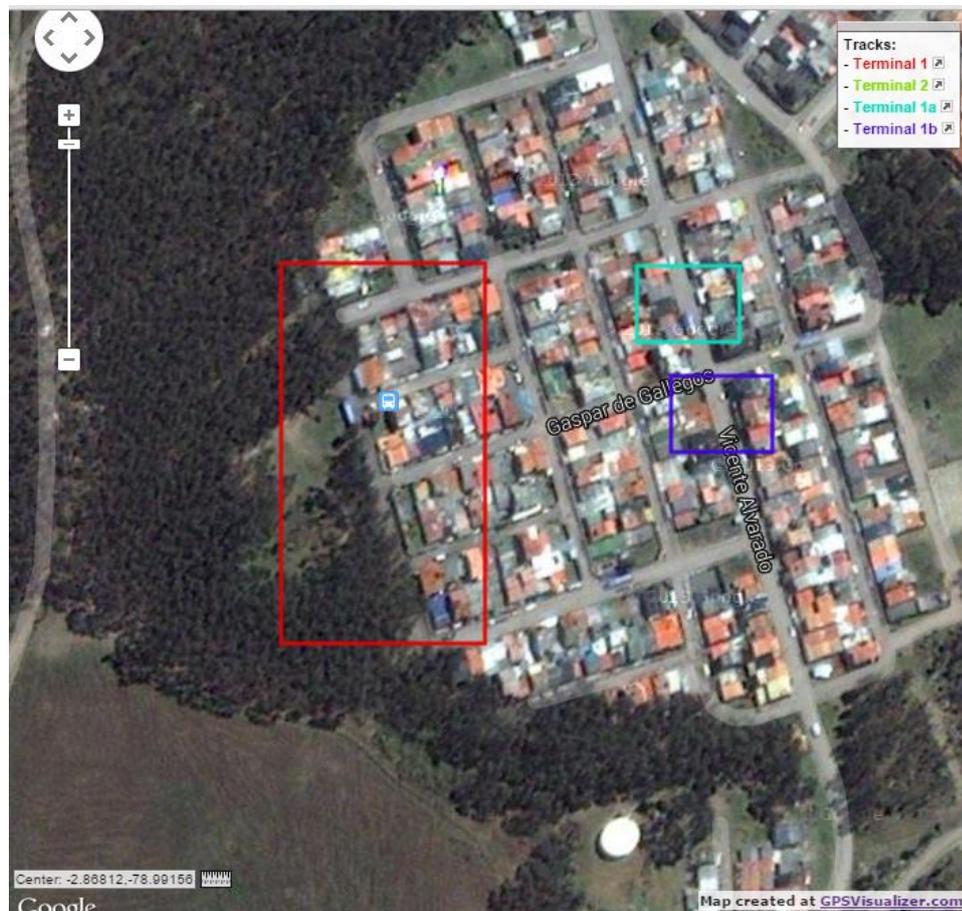


Figura 38. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1, Terminal 1a y la Terminal 1b de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015).

Tabla 20. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 1, Terminal 1a y Terminal 1b de la Línea N°7.

<b>Terminal 1 Línea N°7</b>		
	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.867366	-78.991570
Punto central	-2.868116	-78.991970
Límite superior	-2.868866	-78.992370
Ancho	89.25 m	
Largo	165.75 m	
Área	14793.58 m <sup>2</sup>	
<b>Terminal 1a Línea N°7</b>		
Límite inferior	-2.867375	-78.990575
Punto central	-2.867525	-78.990775
Límite superior	-2.867675	-78.990975
Ancho	44.54 m	
Largo	33.10 m	
Área	1474.38 m <sup>2</sup>	
<b>Terminal 1b Línea N°7</b>		
Límite inferior	-2.867812	-78.990443
Punto central	-2.867962	-78.990643
Límite superior	-2.868112	-78.990843
Ancho	44.54 m	
Largo	33.10 m	
Área	1474.38 m <sup>2</sup>	

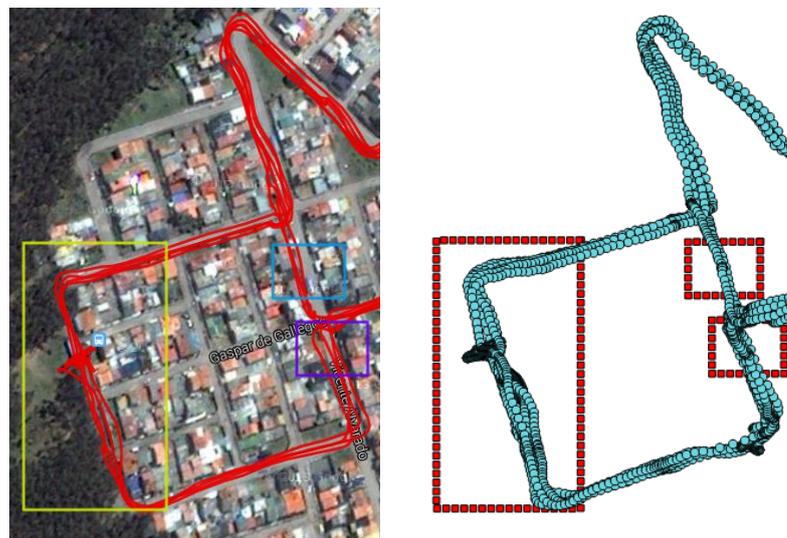


Figura 39. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1, Terminal 1a y Terminal 1b de la Línea N°7 (adamschneider.net, 2015).

Para la delimitación de la Terminal 2 (Figura 40) correspondiente al Mall del Río se definieron las coordenadas del punto central y sus límites (Tabla 21), los buses en el ingreso y salida de la parada en todas las muestras recolectadas obligatoriamente atravesaron la zona definida por lo que no hubo la necesidad de elaborar subterminales para abarcar toda el área de cobertura (Figura 41).



Figura 40. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 de la Línea N°7  
(adamschneider.net, 2015).

Tabla 21. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 de la Línea N°7.

<b>Terminal 2 Línea N°7</b>	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.919186	-79.016384
Punto central	-2.919986	-79.016584
Límite superior	-2.920786	-79.016784
Ancho	44.79 m	
Largo	176.88 m	
Área	7922.73 m <sup>2</sup>	

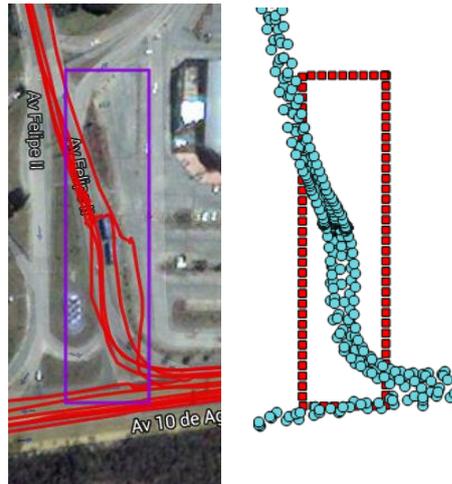


Figura 41. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 de la Línea N°7  
(*adamschneider.net, 2015*).

### 3.3.1.3. Terminales de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

Para la delimitación de la Terminal 1 (Figura 42) correspondiente a Ricaurte se definieron las coordenadas del punto central y sus límites (Tabla 22), los buses en el ingreso y salida de la parada en todas las muestras recolectadas obligatoriamente atravesaron la zona definida, por lo que no hubo la necesidad de elaborar subterminales para abarcar toda el área de cobertura (Figura 43).



Figura 42. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 1 de la Troncal 100  
(*adamschneider.net, 2015*).

Tabla 22. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 1 de la Troncal 100.

<b>Terminal 1 Troncal 100</b>	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.855892	-78.962094
Punto central	-2.856642	-78.962844
Límite superior	-2.857392	-78.963594
Ancho	167.11 m	
Largo	165.61 m	
Área	27674.18 m <sup>2</sup>	

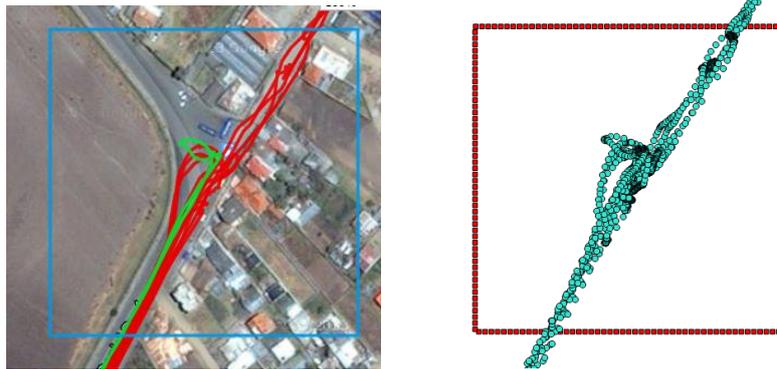


Figura 43. Registros de un Bus dentro de la Terminal 1 de la Troncal 100  
(adamschneider.net, 2015).

Para la delimitación de la Terminal 2 (Figura 44) correspondiente a Baños se definieron las coordenadas del punto central y sus límites (Tabla 23), los buses en el ingreso y salida de la parada en todas las muestras recolectadas obligatoriamente atravesaron la zona definida por lo que no hubo la necesidad de elaborar subterminales para abarcar toda el área de cobertura (Figura 45).



Figura 44. Zona delimitada correspondiente a la Terminal 2 de la Troncal 100  
(adamschneider.net, 2015).

Tabla 23. Valores: central y limitadores de zona de la Terminal 2 de la Troncal 100.

<b>Terminal 2 Troncal 100</b>	<b>Latitud [°]</b>	<b>Longitud [°]</b>
Límite inferior	-2.920329	-79.065325
Punto central	-2.920679	-79.065675
Límite superior	-2.921029	-79.066025
Ancho	77.97 m	
Largo	77.28 m	
Área	6025.74 m <sup>2</sup>	

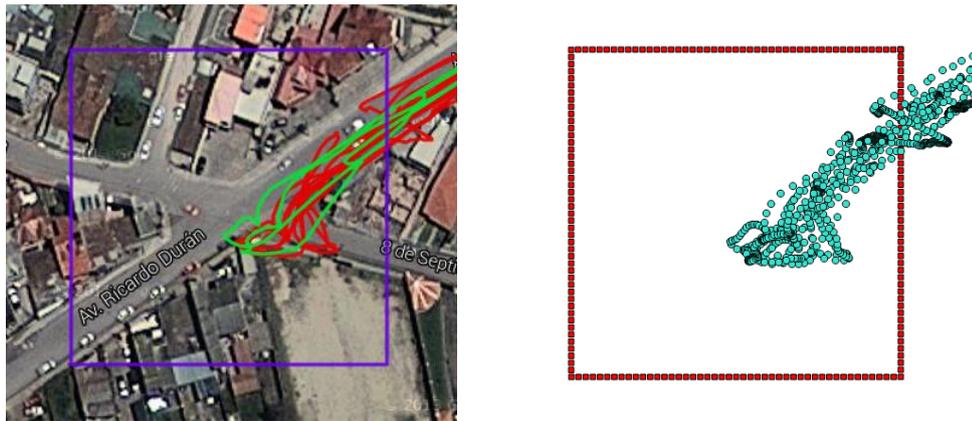


Figura 45. Registros de un Bus dentro de la Terminal 2 de la Troncal 100  
(adamschneider.net, 2015).

### 3.3.2. Lógica utilizada en construcción de curvas experimentales.

Definidas las terminales de cada una de las rutas en estudio se puede segmentar la jornada total de un día en curvas experimentales, como se aclaró anteriormente una curva experimental corresponderá a un trayecto entre dos terminales descartando el tiempo detenido en cada terminal. La jornada laboral almacenada ya en un Libro de Microsoft® Excel es clasificada en el ambiente Matlab®, el objetivo de la programación es buscar todas las posiciones que se encuentren en las zonas de las terminales (Figura 46), por lo que la variable de importancia para este proceso es la posición registrada (Latitud y Longitud); cuando el programa encuentra dichas posiciones asume al primer punto clasificado en una Terminal como el punto de ingreso a la misma y al último como el punto de salida de la Terminal (Anexo I).

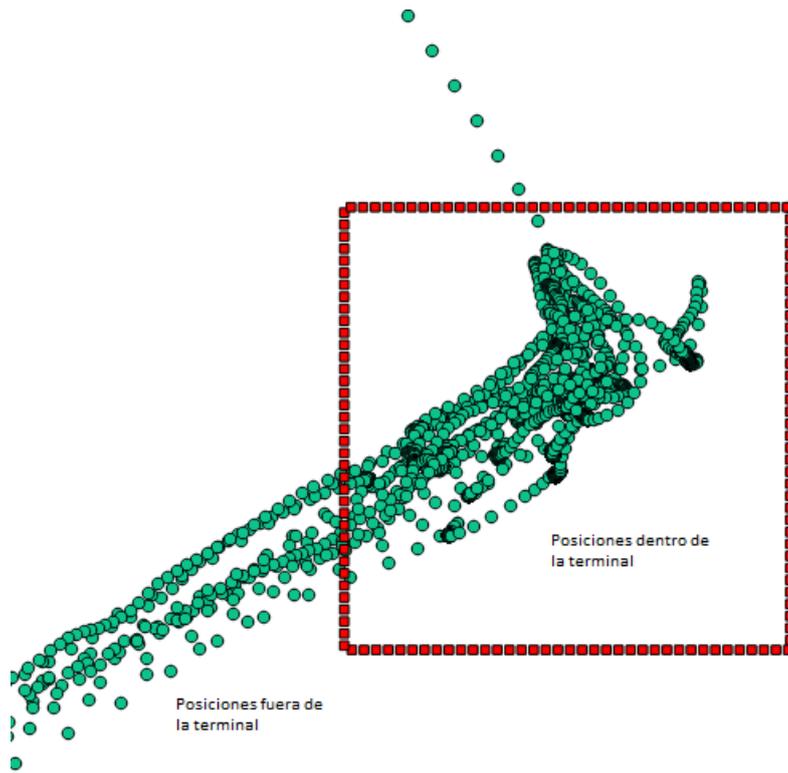


Figura 46. Posiciones dentro de la Terminal 1: Los Andes de la Línea 5.

Para distinguir los puntos de ingreso y salida se conoce que al efectuarse el muestreo con una frecuencia de 1 Hertz la diferencia de tiempo existente entre dos puntos continuos dentro de una Terminal es de 1 segundo, pero la diferencia entre un punto de salida de una Terminal hasta el punto de ingreso hacia otra Terminal va a ser similar al tiempo total de recorrido en un trayecto, distinguiendo con esta lógica puntos de entrada y salida existentes entre las Terminales de cada ruta, el ambiente Matlab® permite definir las zonas donde inician y terminan las curvas experimentales (Tabla 24) e inclusive presenciar anomalías que se pudiesen presentar en los recorridos para descartar o no la utilidad de los mismos en la base de datos.

En la Tabla 24 se puede apreciar los valores en segundos que definen la posición de un bus en su recorrido en la Troncal 100, en la primera fila de la columna salida se indica el abandono de la terminal Ricaurte en el segundo 125, el cuál es el valor en segundos del tiempo de estadía en la terminal antes mencionada, en la primera fila correspondiente a la columna ingreso se notifica el abordó a la terminal Baños en el

Tabla 24. Segmentación de una jornada laboral de la Troncal 100 en curvas experimentales entre las terminales Ricaurte y Baños.

<b>Segmentación en Curvas Experimentales de una Jornada registrada</b>			
<b>C. E. R</b>	<b>Salida [seg]</b>	<b>Ingreso [seg]</b>	<b>Trayecto</b>
1	125	3483	Ricaurte - Baños
2	3651	7759	Baños - Ricaurte
3	9401	13176	Ricaurte - Baños
4	13222	17411	Baños - Ricaurte
5	19130	22767	Ricaurte - Baños
6	22851	26903	Baños - Ricaurte
7	28876	32499	Ricaurte - Baños
8	32588	36731	Baños - Ricaurte
9	38571	42475	Ricaurte - Baños
10	42573	47567	Baños - Ricaurte
<b>C.E.R = Curvas Experimentales Registradas</b>			

segundo 3483 y el abandonando de la misma en el segundo 3651, que es el valor registrado en la segunda fila de la columna salida, el tiempo que el bus permanece en la terminal es de 168 segundos al restar dichos valores. En el tiempo de permanencia en las terminales se buscan valores de velocidad iguales o cercanos a cero siendo estos indicadores del inicio y finalización de una curva experimental.

Del libro de Microsoft® Excel correspondiente a la jornada laboral se extraen curvas experimentales con los valores de tiempo, altitud y velocidad descartando las coordenadas de latitud y longitud (Figura 47), las referencias aportadas por la programación en Matlab® (como las mostradas en la Tabla 24) definen los límites de cada curva experimental, dichas curvas se irán archivando en un nuevo libro de Microsoft® Excel con una escala de tiempo que inicie desde 1 segundo para cada registro, ocupando cada curva experimental una hoja del libro antes mencionado.

Finalmente se archivan todas las curvas experimentales de un trayecto específico, para cada ruta existen dos trayectos, el primero representa el recorrido desde la terminal de inicio hasta la terminal de finalización y el segundo el regreso entre dichas terminales; cada libro almacenado en Microsoft® Excel constituye la base de datos para la

determinación de los ciclos de conducción estando compuesta la misma por al menos 34 curvas experimentales por trayecto de ruta.

Registros Descartados		Registros Utilizados		Construcción de Curva Experimental		
B	C	D	E	A	B	C
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2450,6	0	1	0	2571,9
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,4	0	2	0,6	2572,6
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,5	0	3	2,6	2572,6
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,1	0	4	3,4	2572,3
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2449,9	0	5	4,6	2571,7
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,6	0	6	5,2	2572,2
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,2	0	7	2,9	2572
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451	0	8	1,3	2572,1
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2450,9	0	9	2,2	2572,4
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2451,5	0	10	2,2	2572,6
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2452,1	0	11	3	2572,8
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2450,8	0	12	4,1	2572,5
-2.889.021.000	-78.972.167.000	2450,4	0	13	5,2	2573,5
-2.889.022.000	-78.972.167.000	2451,4	0,4	14	6,6	2574,6

Figura 47. Registros descartados y utilizados de una jornada laboral en la construcción de una curva experimental.

El tiempo y viajes útiles (Tabla 25) empleados en la base de datos para selección de ciclos de conducción resultan de descartar los registros de: estadía de un bus en sus terminales, recorridos de rutas incompletas (las cuales se pueden dar por circunstancias de fuerza mayor), traslado de un bus hasta el abastecimiento de combustible y a los puntos de recaudo al finalizar de su jornada laboral.

Tabla 25. Número de viajes y tiempo efectivo para construcción de curvas experimentales.

<b>Tiempo efectivo de recorrido y número de viajes (Curvas Experimentales).</b>		
<b>Línea N°5 (Los Andes – El Salado)</b>		
<b>Trayecto</b>	<b>Tiempo efectivo</b>	<b>Curvas Experimentales</b>
Los Andes – El Salado	111909 seg 31hrs:05min:09seg	37 viajes
El Salado – Los Andes	120362 seg 33hrs:26min:02seg	39 viajes
<b>Línea N°7 (Trigales – Mall del Río)</b>		
Trigales – Mall del Río	140361 seg 38hrs:59min:21seg	36 viajes
Mall del Río – Trigales	144878 seg 40hrs:14min:38seg	35 viajes
<b>Troncal 100 (Ricaurte – Baños)</b>		
Ricaurte – Baños	142836 seg 39hrs:40min:36seg	38 viajes
Baños – Ricaurte.	146237 seg 40hrs:37min:17seg	34 viajes
<b>Tiempo/Viajes Útiles</b>	<b>806583 seg</b> <b>224hrs:03min:03seg</b>	<b>219 viajes</b>

### 3.3.3. Corrección de cota de altitud.

A pesar de que el navegador GPSmap® 60CSx está equipado con un altímetro barométrico se reportó un rango de error amplio en la cota de altitud en su proceso de validación (Tabla 12), al involucrar la variación de pendiente en la determinación de ciclos de conducción el análisis se verá influenciado por dicho error resultando conveniente corregirlo.

Para la presente investigación el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) otorgó el Modelo Digital del Terreno (MDT) o Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la ciudad de Cuenca, en este archivo se encuentra acotada la coordenada de altitud de la ciudad cada 3 m<sup>2</sup> y para acceder a estos registros se emplea el Software QGIS. La validez de la información presente en el MDT de Cuenca se comprueba al comparar las cotas de altitud presentes en el MDT con los registros de una estación total utilizada en el levantamiento topográfico para la refacción y ampliación de la Avenida Ordoñez Lasso.

Se procedió a realizar 30 viajes en un tramo de 1.2 Km de la Avenida Ordoñez Lasso con el navegador GPSmap® 60CSx instalado en un automóvil, los registros de estos se exportaron hacia el MDT mediante QGIS y se extrajeron los valores correspondientes de altura. En la Figura 48 se aprecia la variación entre los registros de altitud del navegador contra los registros del levantamiento topográfico, existe un desfase cercano a 15 metros entre dichos registros y el rango de error presente en los datos es aproximadamente de 5 metros mientras que en la Figura 49 se aprecia la variación entre los registros de altitud extraídos del MDT de Cuenca contra los registros del levantamiento topográfico, el desfase que hay es pequeño y los valores de los registros obtenidos son muy similares siendo el desfase máximo de 2 metros entre registros y el rango de error presente en los datos correspondientes al MDT es aproximadamente de 50 centímetros.

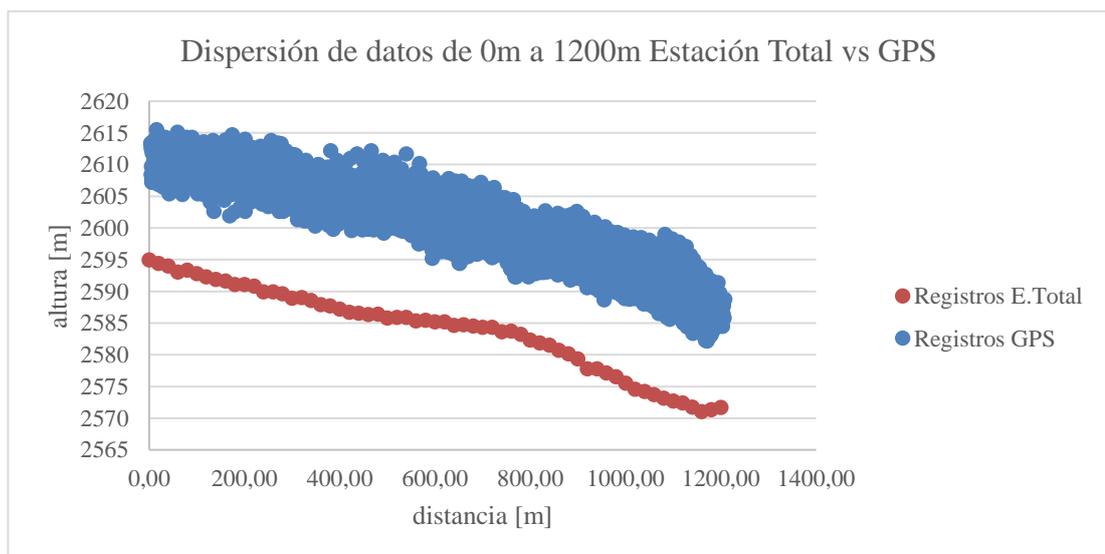


Figura 48. Registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx contra levantamiento topográfico.

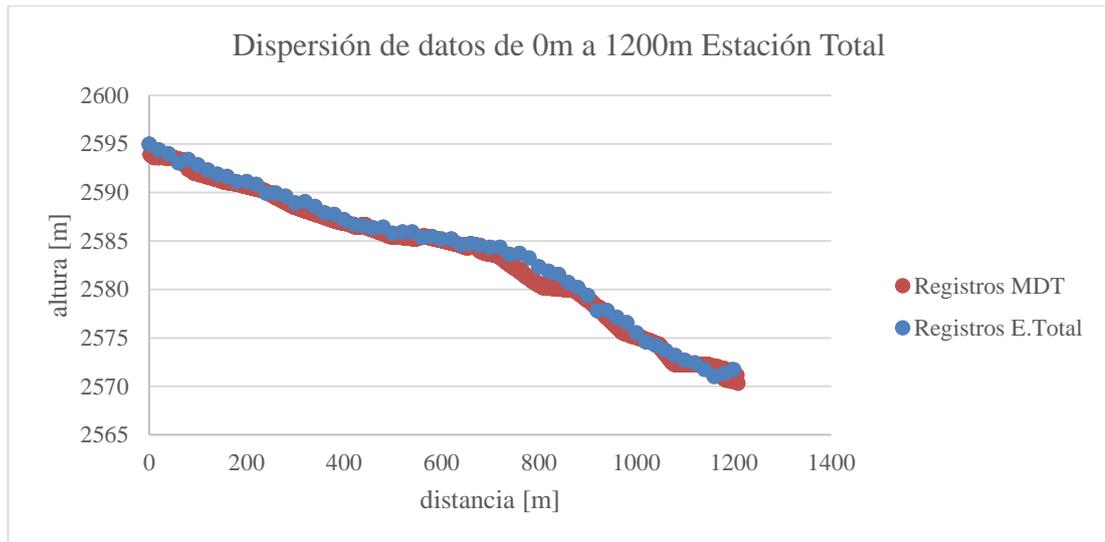


Figura 49. Registros de altitud del MDT de Cuenca contra levantamiento topográfico.

Para extraer los valores de altitud del recorrido de un bus se exporta los archivos de extensión .GPX sobre el MDT de Cuenca mediante QGIS y con su complemento Profile Tool se construye con los registros del MDT el perfil topográfico de la ruta. En Matlab® (Anexo II) se programa una lógica que permita encontrar en dicho perfil topográfico los valores de altitud que corresponden a cada posición registrada en el archivo .GPX y se los adiciona a los libros que componen la base de datos de curvas experimentales en Microsoft® Excel.

En la Figura 50 se puede apreciar el perfil topográfico correspondiente a una jornada laboral completa de una unidad de la Línea N°5 construido con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx, dicha jornada está conformada por siete viajes entre terminales que pueden ser distinguidos. A pesar de que los viajes se han realizado sobre la misma ruta se aprecia variación en las cotas de altitud entre viajes debido a las fallas que son propias de los equipos de registro GPS, mientras que en la Figura 51 se aprecia el perfil topográfico de la misma jornada laboral construida con los datos de altitud extraídos del MDT de Cuenca correspondientes a las posiciones que registro el bus en su recorrido, como se puede apreciar los viajes pueden también ser distinguidos pero los valores de altitud de un viaje con respecto al otro son iguales lo cual es correcto ya que se ha transitado por la misma ruta varias veces.

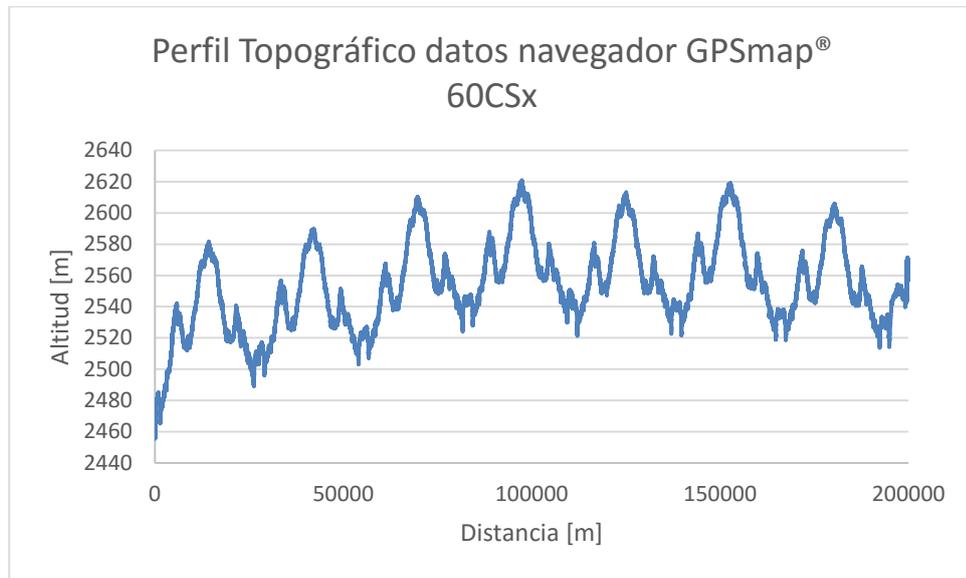


Figura 50. Perfil Topográfico de una jornada diaria de un bus de la Línea N°5 con registros de altura del navegador GPSmap® 60CSx.

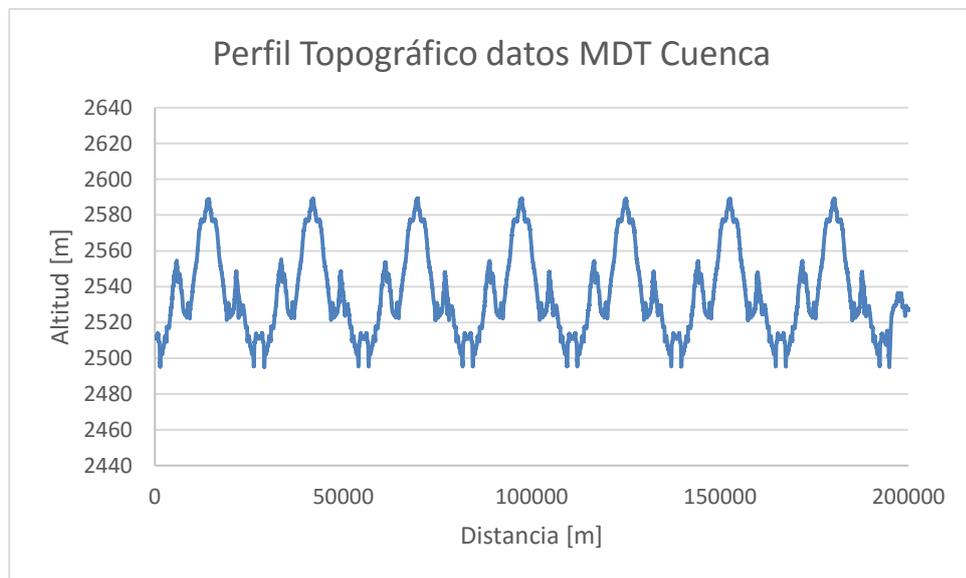


Figura 51. Perfil Topográfico de una jornada diaria de un bus de la Línea N°5 con registros de altura del MDT de Cuenca.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE DATOS Y OBTENCIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN.

#### 4.1. Elaboración de parámetros resumen.

Los parámetros resumen son los descriptores que se utilizan para la selección del ciclo de conducción de las rutas de buses urbanos en análisis, en el método de selección por promedios ponderados se asigna una ponderación a cada parámetro resumen para identificar su relevancia, dichos parámetros a su vez se calculan mediante variables descriptoras que se han elaborado con los datos registrados en las curvas experimentales, el proceso se describe a continuación.

##### 4.1.1. Determinación de variables.

Los análisis descritos a continuación se procesaron en el ambiente Matlab® (Anexo III), la base de datos que contiene las curvas experimentales de cada trayecto en análisis se importa desde un libro de Microsoft® Excel hacia Matlab®, los registros de una curva experimental están divididos en cuatro columnas, la primera contiene el tiempo de recorrido en segundos, la segunda corresponde a la velocidad en kilómetros por hora, la tercera almacena la cota de altitud en metros registrada por el navegador GPSmap® 60CSx y la cuarta contiene los valores de la cota de altitud extraída del MDT de Cuenca (Tabla 26).

Dentro de Matlab® se almacenó estos registros en una matriz (variables de ingreso) a la que se la nombro como “Datos”, mediante programación se agregan a dicha matriz columnas con variables que se calculan con los registros de ingreso de una curva experimental (variables calculadas) útiles para determinar los parámetros resumen del ciclo de conducción, en ciertos parámetros se utilizó tanto los registros de altitud

obtenidos por el navegador GPSmap® 60CSx como los extraídos del MDT de Cuenca (Tabla 27).

Tabla 26. Ejemplo de datos que conforman una curva experimental.

Tiempo [seg]	Velocidad [km/h]	Altitud GPS [m]	Altitud MDT [m]
1	0	2519,5	2511,41
2	0,4	2520	2511,41
3	0,4	2521,7	2511,41
4	2,3	2519,7	2511,41
5	4,8	2520,6	2511,41
6	8,7	2520,3	2511,41
7	12,1	2519,3	2511,39
8	16,9	2519	2511,38
9	20,7	2520	2511,31
10	25,4	2520,1	2511,28
11	30,1	2518,3	2511,23
12	33,7	2520,5	2511,19
13	35,9	2519,5	2511,14

Tabla 27. Variables descriptoras utilizadas para construir parámetros resumen.

Fuerza en Rueda MDT [N]	Fuerza en Rueda GPS [N]	Resistencia Inercia [N]	Resistencia Pendiente MDT [N]	Resistencia Pendiente GPS [N]	Resistencia Rodadura MDT [N]	Resistencia Rodadura GPS [N]	Resistencia Aerodinámica [N]	Pendiente MDT [rad]	Pendiente GPS [rad]	Aceleración [m/s <sup>2</sup> ]	Espacio [m]	Velocidad [m/s]	Altitud MDT [m]	Altitud GPS [m]	Velocidad [Km/h]	Tiempo [s]
Posición de las variables descriptoras en la matriz de “Datos”																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Variables ingreso				Variables calculadas												

Las variables citadas en la Tabla 27 poseen un dato por cada segundo de recorrido, el cual está posicionado en una casilla de la matriz “Datos”, para convertir dichas variables en un parámetro resumen se necesita describir con un valor toda la información almacenada en la columna que contiene la variable, por ejemplo si se tuvieran trescientos datos en la variable velocidad en kilómetros por hora un dato que resumiría a todos estos puede ser la velocidad promedio, es por esto que para crear los parámetros resumen de un ciclo de conducción se necesitó determinar las variables descriptoras del mismo. Para obtener los valores de las variables calculadas se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$V_{(m/s)n} = \frac{V_{(km/h)n}}{3.6} \quad (\text{Ec.12})$$

Donde:

$V_{(m/s)n}$  = Velocidad (m/s) en la posición n.

$V_{(km/h)n}$  = Velocidad (km/h) en la posición n.

$$x_n = V_{(m/s)n} \times (t_n - t_{n-1}) \quad (\text{Ec.13})$$

Donde:

$x_n$  = Espacio (m) en la posición n.

$V_{(m/s)n}$  = Velocidad (m/s) en la posición n.

$t_n$  = Tiempo (s) en la posición n.

$t_{n-1}$  = Tiempo (s) en la posición n – 1.

$$a_n = \frac{V_{(m/s)n} - V_{(m/s)n-1}}{(t_n - t_{n-1})} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

$a_n$  = Aceleración ( $\text{m/s}^2$ ) en la posición n.

$V_{(m/s)n}$  = Velocidad ( $\text{m/s}$ ) en la posición n.

$V_{(m/s)n-1}$  = Velocidad ( $\text{m/s}$ ) en la posición n - 1.

$t_n$  = Tiempo (s) en la posición n.

$t_{n-1}$  = Tiempo (s) en la posición n - 1.

$$\theta_n = \sin^{-1} \left( \frac{h_n - h_{n-1}}{x_n} \right) \quad (\text{Ec.15})$$

Donde:

$\theta_n$  = Pendiente (rad) en la posición n.

$x_n$  = Espacio (m) en la posición n.

$h_n$  = Altitud (m) en la posición n.

$h_{n-1}$  = Altitud (m) en la posición n - 1.

$$F_{dn} = \frac{1}{2} \times A_f \times \varphi \times C_d \times (V_{(m/s)n})^2 \quad (\text{Ec.16})$$

Donde:

$F_{dn}$  = Resistencia aerodinámica (N) en la posición n.

$A_f$  = Área frontal ( $\text{m}^2$ ).

$\varphi$  = Densidad del aire ( $\text{kg/m}^3$ ).

$C_d$  = Coeficiente aerodinámico (-).

$V_{(m/s)n}$  = Velocidad ( $m/s$ ) en la posición n.

$$R_{xn} = M \times g \times f_r \times \cos(\theta_n) \quad (\text{Ec.17})$$

Donde:

$R_{xn}$  = Resistencia a la rodadura (N) en la posición n.

M = Masa (Kg) .

$f_r$  = Coeficiente de resistencia a la rodadura (-) .

$\theta_n$  = Pendiente (rad) en la posición n.

$$R_{gn} = M \times g \times \sin(\theta_n) \quad (\text{Ec.18})$$

Donde:

$R_{gn}$  = Resistencia a la pendiente (N) en la posición n.

M = Masa (Kg) .

$\theta_n$  = Pendiente (rad) en la posición n.

$$R_{in} = M \times a_n \quad (\text{Ec.19})$$

Donde:

$R_{in}$  = Resistencia a la inercia (N) en la posición n.

M = Masa (Kg) .

$a_n$  = Aceleración ( $m/s^2$ ) en la posición n.

$$F_{xn} = F_{dn} + R_{xn} + R_{gn} + R_{in} \quad (\text{Ec.20})$$

Donde:

$F_{xn}$  = Fuerza en rueda (N) en la posición n.

$F_{dn}$  = Resistencia aerodinámica (N) en la posición n.

$R_{xn}$  = Resistencia a la rodadura (N) en la posición n.

$R_{gn}$  = Resistencia a la pendiente (N) en la posición n.

$R_{in}$  = Resistencia a la inercia (N) en la posición n.

#### 4.1.2. Determinación de parámetros resumen.

Los parámetros resumen se calcularon utilizando las variables descriptoras, dichos parámetros se almacenan en Matlab® en dos matrices denominadas “resultadosGPS” y “resultadosMDT” dependiendo de los registros de altitud utilizados, de igual forma los datos de cada parámetro ocupan una columna de dicha matriz, la diferencia entre la matriz “Datos” y las matrices “resultadosGPS” y “resultadosMDT” es que la primera guarda los registros de las variables descriptoras de una sola curva experimental mientras que en las siguientes matrices se guardan los parámetros resumen de todas las curvas experimentales registradas en la base de datos, el valor de fila en la matriz corresponde a el número de curva experimental (Tabla 28).

Para calcular cada parámetro resumen se programó en Matlab® una lógica que dependiendo del parámetro en análisis utilice una ecuación o un programa para su construcción, a continuación se citan las fórmulas y diagramas de flujo de los programas utilizados:

Tabla 28. Parámetros resumen utilizados para determinar el ciclo de conducción.

Número de Curva Experimental en análisis	Fuerza en Rueda promedio [N]												
	Resistencia Aerodinámica promedio [N]												
	Resistencia Pendiente promedio [N]												
	Resistencia Rodadura promedio [N]												
	Resistencia Inercia promedio [N]												
	Tiempo con aceleración + [s]												
	Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]												
	Distancia recorrida [m]												
	Tiempo de recorrido [s]												
	Número de paradas [-]												
	Tiempo en ralentí [s]												
	Velocidad máxima [Km/h]												
	Velocidad promedio [Km/h]												
Posición de los parámetros resumen en la matriz “resultados”													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2													
3													

$$V_{prom} = \frac{\sum_1^n V_{(km/h)_n}}{n} \quad (Ec.21)$$

Donde:

$V_{prom}$  = Velocidad promedio (km/h).

$V_{(km/h)_n}$  = Velocidad (km/h) en la posición n.

$$V_{max} = \max [V_{(km/h)_1}, V_{(km/h)_2}, V_{(km/h)_3} \dots V_{(km/h)_n}] \quad (Ec.22)$$

Donde:

$V_{max}$  = Velocidad máxima (km/h).

$V_{(km/h)_n}$  = Velocidad (km/h) en la posición n.

$$t_{rec} = \max[t_1, t_2, t_3 \dots t_n] \quad (\text{Ec.23})$$

Donde:

$t_{rec}$  = Tiempo de recorrido (s) .

$t_n$  = Tiempo (s) en la posición n.

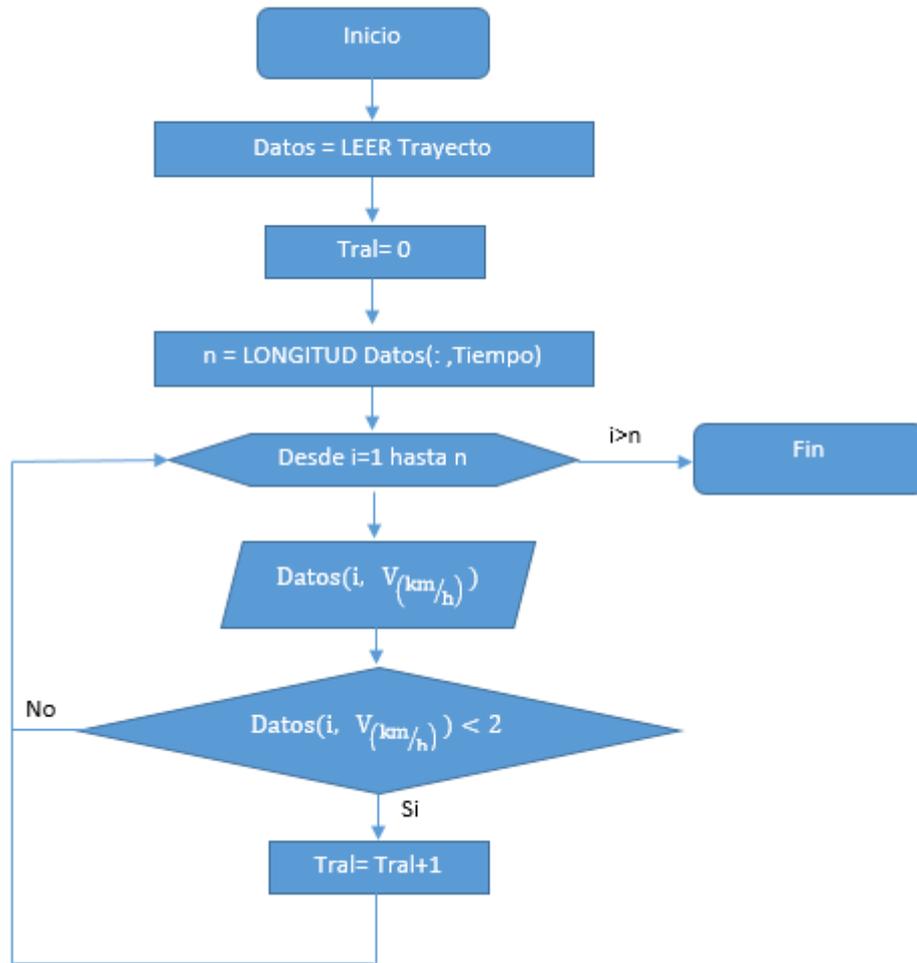


Figura 52. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Tiempo en ralentí.

$$a_{max} = \max[a_1, a_2, a_3 \dots a_n] \quad (\text{Ec.24})$$

Donde:

$a_{max}$  = Aceleración máxima ( $\text{m/s}^2$ ).

$a_n$  = Aceleración ( $\text{m/s}^2$ ) en la posición n.

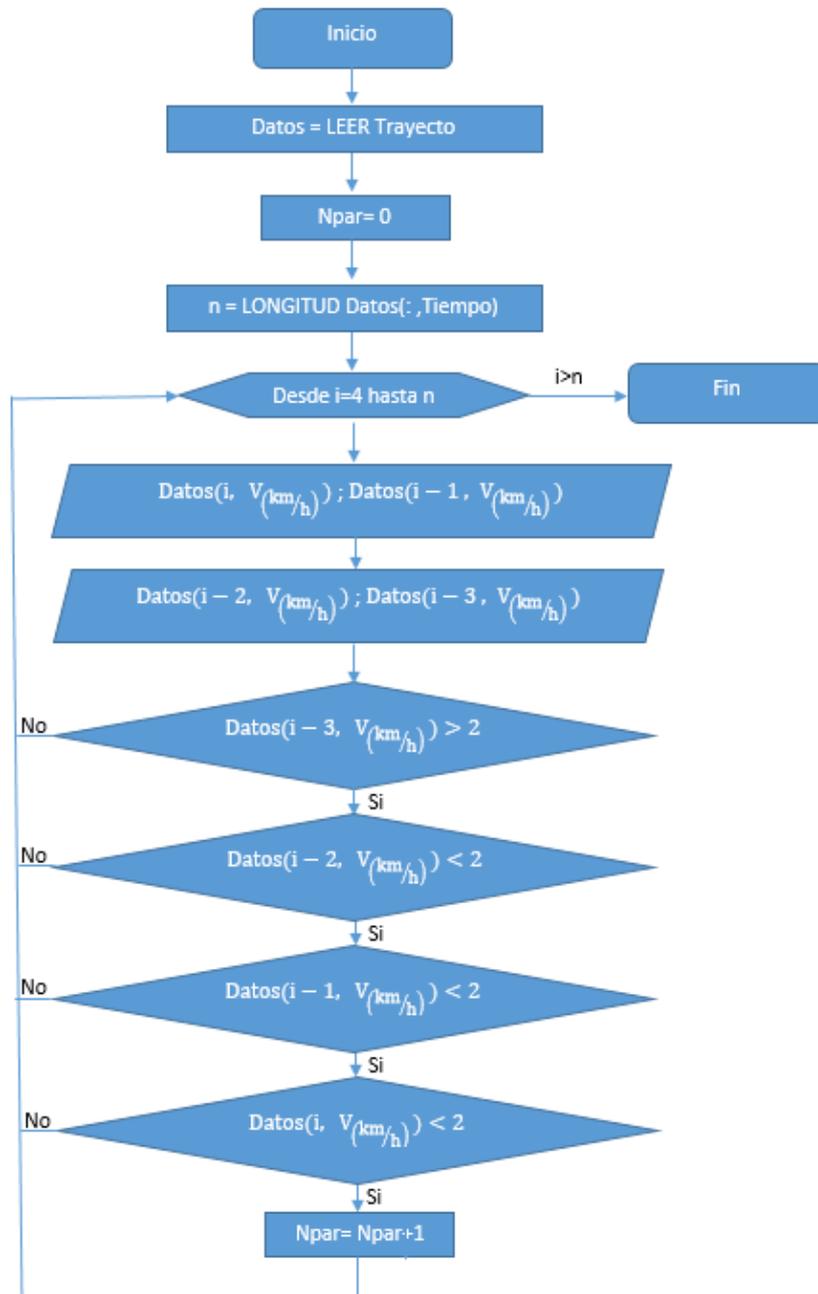


Figura 53. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Número de paradas

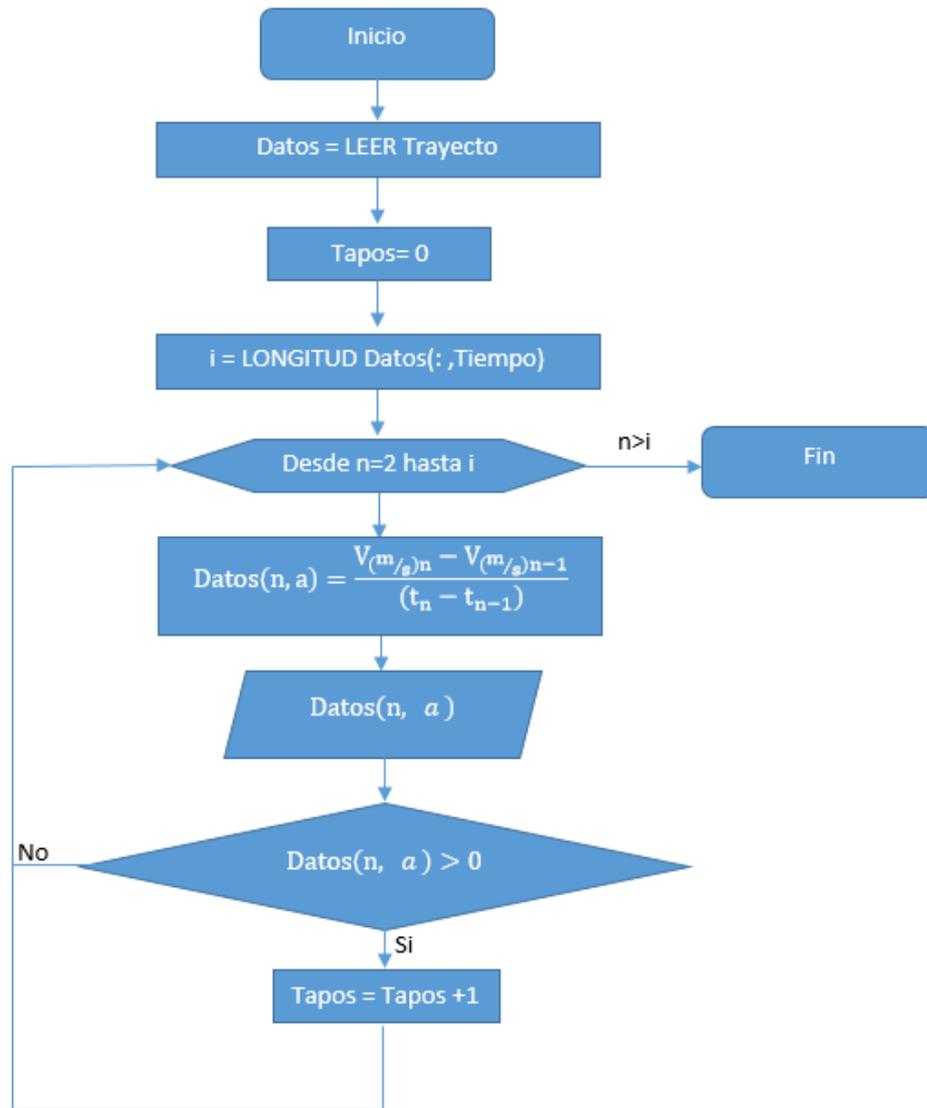


Figura 54. Diagrama de flujo utilizado para calcular el parámetro Tiempo con aceleración positiva

$$R_{iprom} = \frac{\sum_1^n R_{in}}{n} \quad (Ec.25)$$

Donde:

$R_{iprom}$  = Resistencia a la inercia promedio(N) .

$R_{in}$  = Resistencia a la inercia (N) en la posición n.

$$R_{xprom} = \frac{\sum_1^n R_{xn}}{n} \quad (\text{Ec.26})$$

Donde:

$R_{xprom}$  = Resistencia a la rodadura promedio (N) .

$R_{xn}$  = Resistencia a la rodadura (N) en la posición n.

$$R_{gprom} = \frac{\sum_1^n R_{gn}}{n} \quad (\text{Ec.27})$$

Donde:

$R_{gprom}$  = Resistencia a la pendiente promedio (N) .

$R_{gn}$  = Resistencia a la pendiente (N) en la posición n.

$$F_{dprom} = \frac{\sum_1^n F_{dn}}{n} \quad (\text{Ec.28})$$

Donde:

$F_{dprom}$  = Resistencia aerodinámica promedio (N) .

$F_{dn}$  = Resistencia aerodinámica (N) en la posición n.

$$F_{xprom} = \frac{\sum_1^n F_{xn}}{n} \quad (\text{Ec.29})$$

Donde:

$F_{xprom}$  = Fuerza en rueda promedio (N) .

$F_{xn}$  = Fuerza en rueda (N) en la posición n.

#### 4.2. Cálculo del coeficiente de variación (validación de muestra).

El coeficiente de variación permite evaluar la dispersión de los datos con respecto a la medida de tendencia central en análisis, para el caso se ha escogido la media, una vez determinadas las métodos de obtención de los parámetros resumen y mediante la aplicación de la Ec.11 en el ambiente Matlab® se calculan los coeficientes de variación en cada una de las rutas planteadas en la metodología, los resultados se guardan en dos matrices llamadas “RESULTADOSGPS” y “RESULTADOSMDT” dependiendo de los registros de altitud utilizados, con esto se puede determinar si la cantidad de curvas experimentales recolectadas es una muestra adecuada para el proceso de selección de ciclos de conducción por promedios ponderados. En los resultados mostrados en las siguientes tablas se aprecia que los coeficientes de variación de la mayoría de los parámetros resumen en las tres rutas en análisis están por debajo del 15% indicando la poca variabilidad existente entre los registros de las curvas experimentales de cada trayecto a excepción de los parámetros Tiempo en ralentí y Número de paradas los cuales son cercanos al 20% o sobrepasan este valor (28.55% es el registro máximo), esto también se aprecia en el trabajo de investigación realizado para determinar un ciclo de conducción para la ciudad de Pereira en Colombia (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007), la variabilidad existente en estos parámetros se puede explicar principalmente por la diferencia en el tráfico de la ciudad en horas pico y a pesar de esto se recomienda trabajar con la media como medida de tendencia central en el proceso de selección de ciclos de conducción por promedios ponderados.

Tabla 29. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°5  
trayecto: Los Andes - El Salado.

<b>Coeficientes de variación de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	17,04	1,34	0,08	7,87
Velocidad máxima [Km/h]	54,32	5,48	0,10	10,09
Tiempo en ralentí [s]	706,27	186,82	0,26	26,45
Número de paradas [-]	38,22	7,75	0,20	20,28
Tiempo de recorrido [s]	3024,57	245,77	0,08	8,13
Distancia recorrida [m]	14230,08	193,35	0,01	1,36
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,36	0,07	0,05	5,36
Tiempo con aceleración + [s]	1520,22	107,96	0,07	7,10
Resistencia Inercia promedio [N]	3759,92	463,06	0,12	12,32
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,91	0,43	0,00	0,05
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	885,42	0,03	0,00	0,00
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	4852,17	533,10	0,11	10,99
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	1759,54	63,84	0,04	3,63
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	72,77	9,75	0,13	13,39
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	5721,27	583,79	0,10	10,20
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	4151,34	363,05	0,09	8,75
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

Tabla 30. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°5  
trayecto: El Salado – Los Andes.

<b>Coeficientes de variación de la Línea N°5 (El Salado – Los Andes)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	15,82	1,71	0,11	10,82
Velocidad máxima [Km/h]	54,99	6,55	0,12	11,90
Tiempo en ralentí [s]	851,31	243,05	0,29	28,55
Número de paradas [-]	42,10	9,32	0,22	22,15
Tiempo de recorrido [s]	3086,21	329,28	0,11	10,67
Distancia recorrida [m]	13408,84	186,65	0,01	1,39
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,40	0,10	0,07	7,14
Tiempo con aceleración + [s]	1455,46	134,60	0,09	9,25
Resistencia Inercia promedio [N]	3890,46	519,37	0,13	13,35
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,86	0,38	0,00	0,04
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	885,21	0,03	0,00	0,00
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	5118,36	553,85	0,11	10,82
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	2393,51	63,84	0,04	3,63
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	67,56	11,23	0,17	16,62
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	5310,83	616,30	0,12	11,60
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	3743,68	363,05	0,09	8,75
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

Tabla 31. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°7  
trayecto: Trigales – Mall del Río.

<b>Coeficientes de variación de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	19,07	1,50	0,08	7,88
Velocidad máxima [Km/h]	80,32	10,81	0,13	13,45
Tiempo en ralentí [s]	919,33	221,16	0,24	24,06
Número de paradas [-]	47,47	8,56	0,18	18,03
Tiempo de recorrido [s]	3898,92	352,40	0,09	9,04
Distancia recorrida [m]	20517,13	540,96	0,03	2,64
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,41	0,06	0,04	4,12
Tiempo con aceleración + [s]	1960,94	153,63	0,08	7,83
Resistencia Inercia promedio [N]	3886,11	326,89	0,08	8,41
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,56	0,56	0,00	0,06
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	885,05	0,10	0,00	0,01
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	4979,39	618,28	0,12	12,42
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	2206,70	106,86	0,05	4,84
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	96,98	10,55	0,11	10,88
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	5735,57	377,91	0,07	6,59
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	4099,65	233,43	0,06	5,69
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

Tabla 32. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Línea N°7  
trayecto: Mall del Río – Trigales.

<b>Coeficientes de variación de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	18,00	1,53	0,08	8,48
Velocidad máxima [Km/h]	60,44	5,81	0,10	9,62
Tiempo en ralentí [s]	943,83	199,63	0,21	21,15
Número de paradas [-]	48,17	10,83	0,22	22,47
Tiempo de recorrido [s]	4139,37	387,02	0,09	9,35
Distancia recorrida [m]	20537,24	352,65	0,02	1,72
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,39	0,09	0,06	6,18
Tiempo con aceleración + [s]	2072,97	188,53	0,09	9,09
Resistencia Inercia promedio [N]	3798,53	395,40	0,10	10,41
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,55	0,44	0,00	0,05
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	884,99	0,16	0,00	0,02
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	5506,25	519,42	0,09	9,43
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	3004,88	197,95	0,07	6,59
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	81,28	9,80	0,12	12,06
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	6028,15	542,96	0,09	0,00
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	4490,95	328,64	0,07	7,32
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

Tabla 33. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Ricaurte – Baños.

<b>Coeficientes de variación de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	18,08	1,01	0,06	5,58
Velocidad máxima [Km/h]	59,56	4,99	0,08	8,38
Tiempo en ralentí [s]	830,13	161,14	0,19	19,41
Número de paradas [-]	42,82	8,39	0,20	19,59
Tiempo de recorrido [s]	3758,84	225,16	0,06	5,99
Distancia recorrida [m]	18817,61	112,95	0,01	0,60
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,39	0,07	0,05	4,98
Tiempo con aceleración + [s]	1874,42	98,76	0,05	5,27
Resistencia Inercia promedio [N]	4031,23	451,89	0,11	11,21
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,61	0,46	0,00	0,05
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	884,96	0,15	0,00	0,02
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	5205,05	479,91	0,09	9,22
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	2600,58	136,19	0,05	5,24
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	80,94	6,63	0,08	8,19
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	6064,33	462,85	0,08	7,63
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	4664,60	291,00	0,06	6,24
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

Tabla 34. Coeficientes de variación de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Baños – Ricaurte.

<b>Coeficientes de variación de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte)</b>				
<b>Parámetros resumen</b>	$\bar{x}$	$\sigma$	<b>CV</b>	<b>% CV</b>
Velocidad promedio [Km/h]	16,74	1,45	0,09	8,69
Velocidad máxima [Km/h]	63,78	4,56	0,07	7,15
Tiempo en ralentí [s]	1147,15	256,33	0,22	22,34
Número de paradas [-]	54,68	10,13	0,19	18,53
Tiempo de recorrido [s]	4301,09	390,33	0,09	9,08
Distancia recorrida [m]	19845,89	337,12	0,02	1,70
Aceleración máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,41	0,07	0,05	5,07
Tiempo con aceleración + [s]	2021,94	119,58	0,06	5,91
Resistencia Inercia promedio [N]	4058,03	275,47	0,07	6,79
Resistencia Rodadura promedio GPS [N]	883,58	0,61	0,00	0,07
Resistencia Rodadura promedio MDT [N]	885,13	0,11	0,00	0,01
Resistencia Pendiente promedio GPS [N]	5410,36	641,42	0,12	11,86
Resistencia Pendiente promedio MDT [N]	2574,63	129,24	0,05	5,02
Resistencia Aerodinámica promedio [N]	75,26	8,64	0,11	11,49
Fuerza en Rueda promedio GPS [N]	5470,74	582,07	0,11	10,64
Fuerza en Rueda promedio MDT [N]	3892,22	305,30	0,08	7,84
<b>CV</b> = Coeficiente de variación $\bar{x}$ = Media $\sigma$ = Desviación estandar				

### 4.3. Determinación de pesos relativos de parámetros resumen.

Los valores de las ponderaciones necesarias para cada parámetro resumen en el proceso de promedios ponderados se estableció al calcular los pesos relativos que tienen las variables independientes (parámetros resumen) al realizar una regresión lineal contra la variable dependiente (fuerza en rueda), el proceso se realizó de forma conjunta en el ambiente Matlab® y Microsoft® Excel. Inicialmente en Matlab® (Figura 55) mediante la Ec.5 se normalizaron las matrices “resultadosGPS” y “resultadosMDT” obteniendo cuatro nuevas matrices, las dos primeras denominadas “X\_GPS” y “X\_MDT” contienen a los parámetros resumen normalizados mientras que las dos restantes denominadas “Y\_GPS” y “Y\_MDT” contienen a la variable dependiente normalizada.

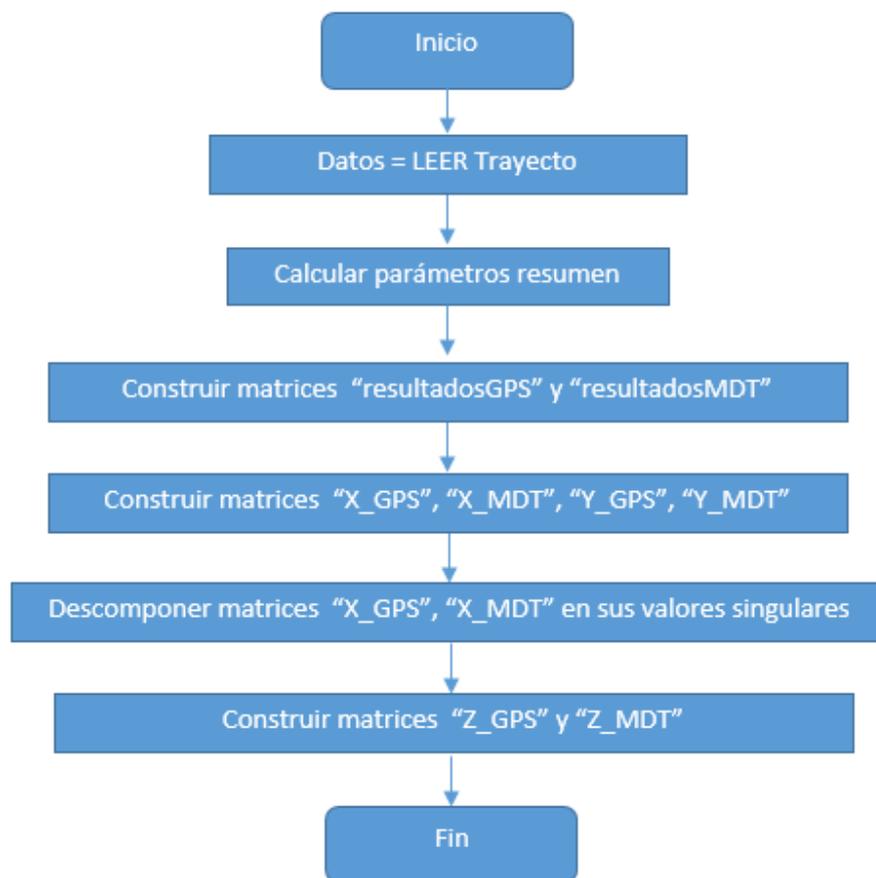


Figura 55. Diagrama de flujo utilizado para determinación de pesos relativos.

Las matrices “X\_GPS” y “X\_MDT” se descomponen en sus valores singulares mediante la Ec.6, con dichos valores se pueden calcular las matrices cuyas columnas tienen la mejor aproximación a las columnas de las matrices de parámetros resumen originales pero sin correlación entre estas, a dichas matrices se las denominan como “Z\_GPS” y “Z\_MDT” y se las construye utilizando la Ec.7.

Determinadas las matrices “X\_GPS”, “X\_MDT”, “Z\_GPS”, “Z\_MDT”, “Y\_GPS” y “Y\_MDT” se trasladan estas a un libro de Microsoft® Excel debido a la facilidad de calcular en dicho programa los coeficientes de correlación (Ec.8 y Ec.9) para construir las matrices  $\beta$  y  $\Lambda$ , cuando se han determinado dichas matrices se aplica la Ec.10 para obtener el peso relativo de cada parámetro resumen contra la variable dependiente Fuerza en rueda (Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39, Tabla 40).

Tabla 35. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: Los Andes - El Salado.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	7,12	6,80
Velocidad máxima	12,12	13,33
Tiempo en ralentí	8,93	5,29
Número de paradas	3,68	5,60
Tiempo total recorrido	6,02	5,74
Distancia recorrida	3,68	2,78
Aceleración positiva máxima	5,49	5,60
Tiempo con aceleración positiva	3,90	3,41
Resistencia a la inercia promedio	24,15	35,00
Resistencia a la rodadura promedio	6,20	1,14
Resistencia a la pendiente promedio	6,75	1,75
Resistencia aerodinámica promedio	11,96	13,56
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,95836641</b>	<b>0,98985188</b>

Tabla 36. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°5 trayecto: El Salado – Los Andes.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	5,14	8,46
Velocidad máxima	15,67	13,42
Tiempo en ralentí	5,40	6,46
Número de paradas	2,15	3,21
Tiempo total recorrido	5,05	7,63
Distancia recorrida	5,37	5,69
Aceleración positiva máxima	4,82	3,67
Tiempo con aceleración positiva	4,88	7,02
Resistencia a la inercia promedio	25,20	27,75
Resistencia a la rodadura promedio	10,05	2,07
Resistencia a la pendiente promedio	6,45	1,03
Resistencia aerodinámica promedio	9,82	13,58
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,95565091</b>	<b>0,98375009</b>

Tabla 37. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Trigales – Mall del Río.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	10,53	10,43
Velocidad máxima	3,80	4,28
Tiempo en ralentí	17,61	11,68
Número de paradas	6,37	7,18
Tiempo total recorrido	9,72	9,78
Distancia recorrida	0,76	1,45
Aceleración positiva máxima	2,11	0,40
Tiempo con aceleración positiva	4,98	6,21
Resistencia a la inercia promedio	22,03	30,25
Resistencia a la rodadura promedio	5,76	3,48
Resistencia a la pendiente promedio	8,75	1,41
Resistencia aerodinámica promedio	7,59	13,44
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,90793679</b>	<b>0,95441675</b>

Tabla 38. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Línea N°7 trayecto: Mall del Río – Trigales.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	6,11	7,97
Velocidad máxima	4,80	5,68
Tiempo en ralentí	6,86	8,54
Número de paradas	2,54	3,01
Tiempo total recorrido	5,35	7,67
Distancia recorrida	0,96	1,45
Aceleración positiva máxima	3,74	2,70
Tiempo con aceleración positiva	4,41	4,52
Resistencia a la inercia promedio	33,21	41,63
Resistencia a la rodadura promedio	10,30	2,27
Resistencia a la pendiente promedio	13,16	3,92
Resistencia aerodinámica promedio	8,57	10,63
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9411856</b>	<b>0,98292542</b>

Tabla 39. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Ricaurte – Baños.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	4,61	3,98
Velocidad máxima	3,85	2,56
Tiempo en ralentí	3,65	5,30
Número de paradas	3,92	5,82
Tiempo total recorrido	4,13	3,73
Distancia recorrida	4,18	9,10
Aceleración positiva máxima	5,61	1,79
Tiempo con aceleración positiva	2,85	3,24
Resistencia a la inercia promedio	31,36	45,56
Resistencia a la rodadura promedio	10,84	5,36
Resistencia a la pendiente promedio	13,22	2,94
Resistencia aerodinámica promedio	11,77	10,64
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,88634776</b>	<b>0,97933174</b>

Tabla 40. Pesos relativos (ponderaciones) de los parámetros resumen de la Troncal 100 trayecto: Baños – Ricaurte.

<b>Pesos relativos (ponderaciones) de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Porcentaje [%] (GPS)</b>	<b>Porcentaje [%] (MDT)</b>
Velocidad promedio	8,38	11,53
Velocidad máxima	7,19	9,36
Tiempo en ralentí	9,95	15,36
Número de paradas	2,85	2,89
Tiempo total recorrido	7,50	10,62
Distancia recorrida	0,96	1,07
Aceleración positiva máxima	4,29	3,51
Tiempo con aceleración positiva	3,66	5,37
Resistencia a la inercia promedio	14,46	20,79
Resistencia a la rodadura promedio	18,87	6,26
Resistencia a la pendiente promedio	14,23	3,07
Resistencia aerodinámica promedio	7,67	10,17
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,94378691</b>	<b>0,975511547</b>

#### 4.4. Aplicación del método de promedios ponderados

Una vez determinados los pesos relativos de cada parámetro resumen se asume el valor de estos como las ponderaciones necesarias en el proceso de determinación de ciclos de conducción por promedios ponderados, se los registra en la última hoja de los libros de Microsoft® Excel que contienen las curvas experimentales de cada ruta, mediante Matlab® se importan estos valores y se los guarda en una matriz denominada “Pesos”, en cada fila de dicha matriz se almacena la ponderación de un parámetro resumen, en la primera columna están las ponderaciones calculadas con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y en la segunda las calculadas con los registros de altitud del MDT, cada registro de esta matriz se almacena individualmente en una variable en Matlab® para usarse posteriormente, los nombres de dichas variables se aprecian en la Tabla 41.

Tabla 41. Nomenclatura de las variables que guardan las ponderaciones de la matriz “Pesos”.

Matriz Pesos			GPS	MDT
			Columnas	
			1	2
Velocidad promedio	Filas	1	vpGPS	vpMDT
Velocidad máxima		2	vmGPS	vmMDT
Tiempo en ralentí		3	trGPS	trMDT
Número de paradas		4	npGPS	npMDT
Tiempo total recorrido		5	ttGPS	ttMDT
Distancia recorrida		6	drGPS	drMDT
Aceleración positiva máxima		7	apmGPS	apmMDT
Tiempo con aceleración positiva		8	tapGPS	tapMDT
Resistencia a la inercia promedio		9	ripGPS	ripMDT
Resistencia a la rodadura promedio		10	rrpGPS	rrpMDT
Resistencia a la pendiente promedio		11	rppGPS	rppMDT
Resistencia aerodinámica promedio		12	rapGPS	rapMDT

En Matlab® nuevamente se generan cuatro matrices denominadas “PonderacionGPS”, “PonderaciónMDT”, “YGPS” y “YMDT”, todas estas se construyen a partir de la Ec.4, las dos primeras almacenan el término que se encuentra en el interior de la sumatoria de dicha ecuación y las dos últimas guardan los resultados de la variable  $y$ . Los valores que se requieren para el cálculo ya han sido procesados y guardados previamente, los parámetros resumen de todas las curvas experimentales están contenidos en las matrices “resultadosGPS” y “resultadosMDT”, los promedios de cada parámetro resumen (media) se calcularon para determinar los coeficientes de variación y se guardaron en las matrices “RESULTADOSGPS” y “RESULTADOSMDT”, mientras que ya se han creado variables para almacenar los valores de las ponderaciones de cada parámetro resumen como se describió anteriormente.

Como ejemplo de lo descrito en la Tabla 42 se aprecia la aplicación de la Ec.4 en la curva experimental N°20 de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte) con los registros de altitud extraídos del MDT de Cuenca; en la columna correspondiente a  $W$  se encuentran los valores de las ponderaciones presentes en la segunda columna de la matriz “Pesos” y guardados en las variables descritas en la Tabla 41, la columna  $P_{ij}$  contiene los valores de los parámetros resumen de la curva experimental N°20 que

están contenidos en la fila 20 de la matriz “resultadosMDT”, la columna  $\bar{P}$  contiene los promedios de los parámetros resumen de las 34 curvas experimentales recolectadas para este trayecto, estos valores están almacenados en la primera columna de la matriz “RESULTADOSMDT”, la última columna de la Tabla 42 se calcula con la fórmula planteada en su casilla superior, se almacena en la fila 20 de la matriz “PonderaciónMDT” y la suma de todos sus términos genera el valor de la variable y que se guarda en la fila 20 de la matriz “YMDT”.

Tabla 42. Análisis de la curva experimental N°20 (Datos MDT) de la Troncal 100 (Baños–Ricaurte).

<b>Análisis de la curva experimental N°20 (Datos MDT) de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte)</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>W</b>	<b>P<sub>i,j</sub></b>	<b><math>\bar{P}</math></b>	<b><math>\left(\frac{W}{\sum W}\right) \times \frac{ P_{i,j} - \bar{P} }{\bar{P}}</math></b>
Velocidad promedio [km/h]	11,53	14,73	16,74	0,01444
Velocidad máxima [km/h]	9,36	56,52	63,78	0,01109
Tiempo en ralentí [s]	15,36	1465,00	1147,15	0,05594
Número de paradas [-]	2,89	69,00	54,68	0,00837
Tiempo total recorrido [s]	10,62	4839,00	4301,09	0,01448
Distancia recorrida [m]	1,07	19798,31	19845,89	0,00001
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	3,51	1,44	1,41	0,00007
Tiempo con aceleración positiva [s]	5,37	2135,00	2021,94	0,00373
Resistencia a la inercia promedio [N]	20,79	3978,86	4058,03	0,00494
Resistencia a la rodadura promedio [N]	6,26	885,21	885,13	0,00001
Resistencia a la pendiente promedio [N]	3,07	2490,22	2574,63	0,00110
Resistencia aerodinámica promedio [N]	10,17	63,23	75,26	0,01579
<b><math>\sum W</math></b>	<b>100</b>	<b>y</b>		<b>0,12996</b>
y = Valor de la sumatoria de parametros ponderados. W = Peso de la ponderación P <sub>ij</sub> = Valor de parametro para curva experimental N°20 . $\bar{P}$ = Media del parametro de las 34 curvas experimentales registradas .				

Para seleccionar el ciclo de conducción que represente a todas las curvas experimentales recolectadas se busca en Matlab® el valor mínimo almacenado en las matrices “YGPS” y “YMDT”, la fila que contiene dicho valor coincide con el número de curva experimental recolectada, la programación realizada permite escoger un ciclo

de conducción en base a los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y otro en base a los registros de altitud del MDT de Cuenca.

#### 4.5. Presentación de resultados.

Los ciclos de conducción que se obtienen de los procesos anteriormente descritos se muestran a continuación, para la Línea N°5 en su trayecto Los Andes - El Salado el ciclo escogido con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y del MDT de Cuenca coincide, la curva experimental N°23 (Figura 56) es el ciclo de conducción de este trayecto, sus parámetros característicos (Tabla 43) y perfil topográfico (Figura 57) se aprecian a continuación.

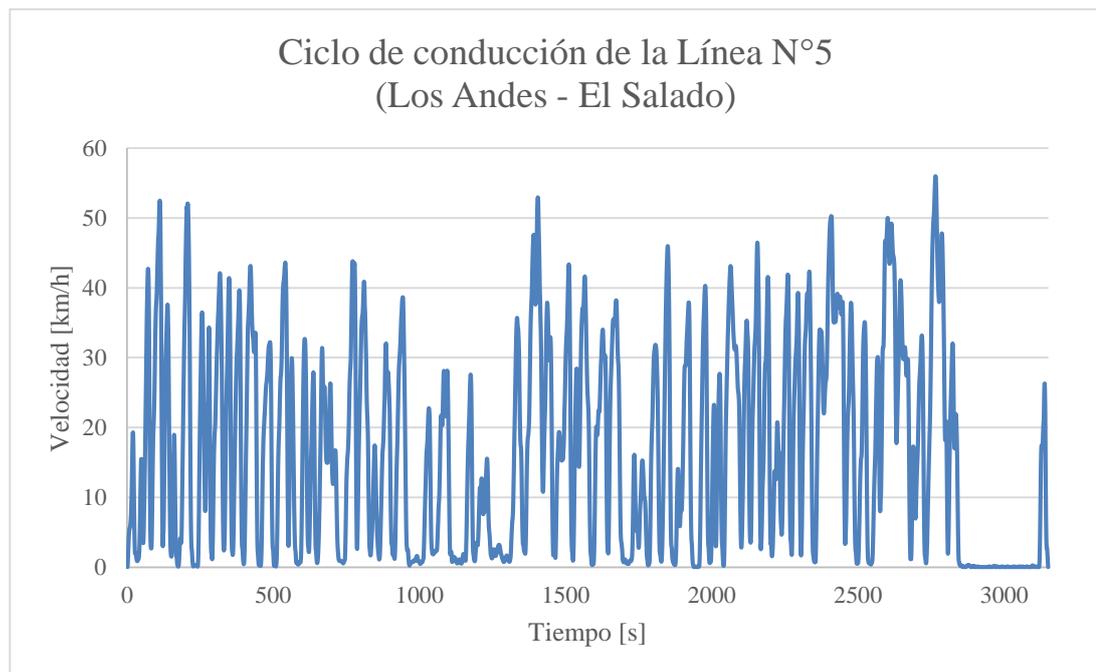


Figura 56. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

Tabla 43. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	23
Velocidad promedio [km/h]	16,64
Velocidad máxima [km/h]	55,96
Tiempo en ralentí [s]	785,00
Número de paradas [-]	35,00
Tiempo total recorrido [s]	3151,00
Distancia recorrida [m]	14565,36
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,26
Tiempo con aceleración positiva [s]	1593,00

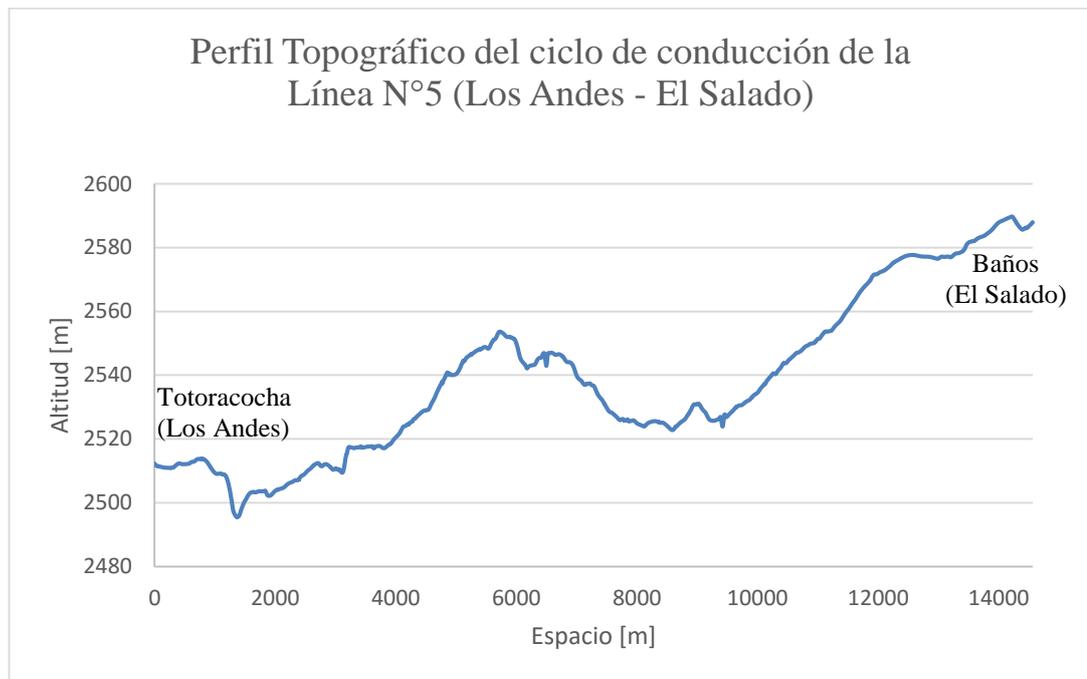


Figura 57. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

En el trayecto El Salado – Los Andes de la Línea N°5 el ciclo seleccionado con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y del MDT de Cuenca también coinciden, la curva experimental N°20 (Figura 58) es el ciclo de conducción de este

trayecto, sus parámetros característicos (Tabla 44) y perfil topográfico (Figura 59) se aprecian a continuación.

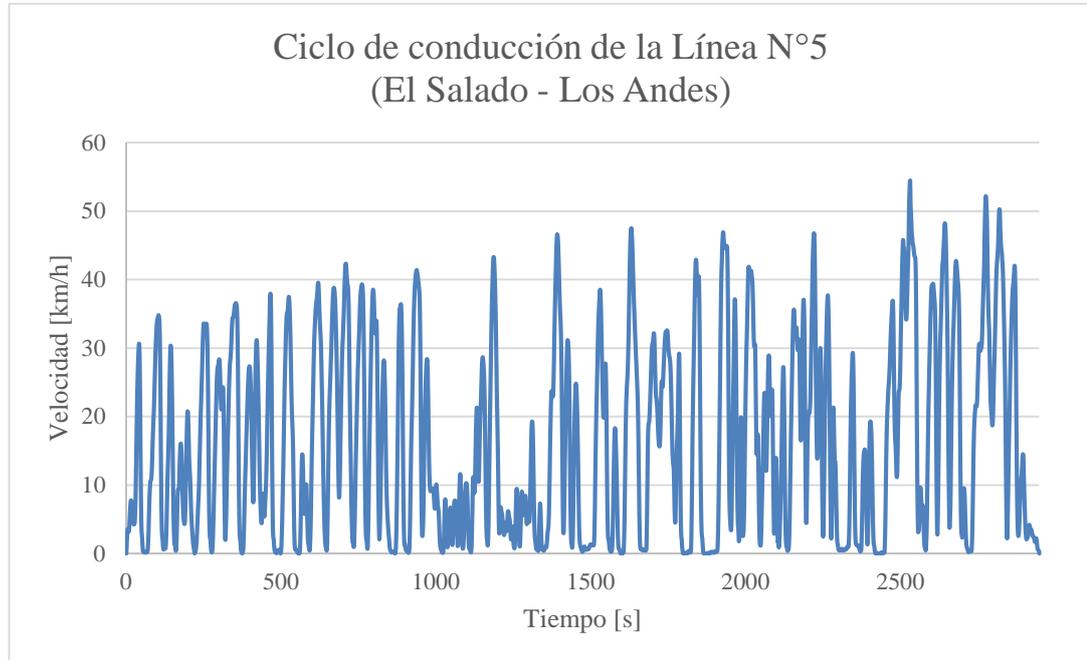


Figura 58. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

Tabla 44. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado – Los Andes).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	20
Velocidad promedio [km/h]	16,43
Velocidad máxima [km/h]	54,46
Tiempo en ralentí [s]	615,00
Número de paradas [-]	39,00
Tiempo total recorrido [s]	2949,00
Distancia recorrida [m]	13456,08
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,38
Tiempo con aceleración positiva [s]	1451,00

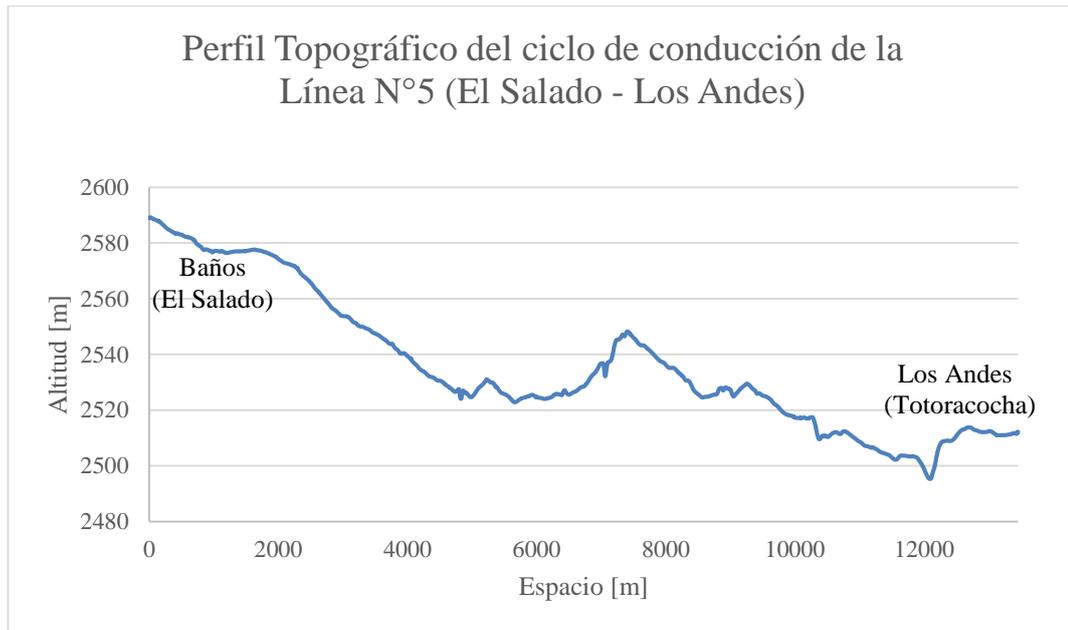


Figura 59. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

En la Línea N°7 en su trayecto Trigales – Mall del Río el ciclo escogido con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y del MDT de Cuenca coincide, la curva experimental N°2 (Figura 60) es el ciclo de conducción de este trayecto, sus parámetros característicos (Tabla 45) y perfil topográfico (Figura 61) se aprecian a continuación.

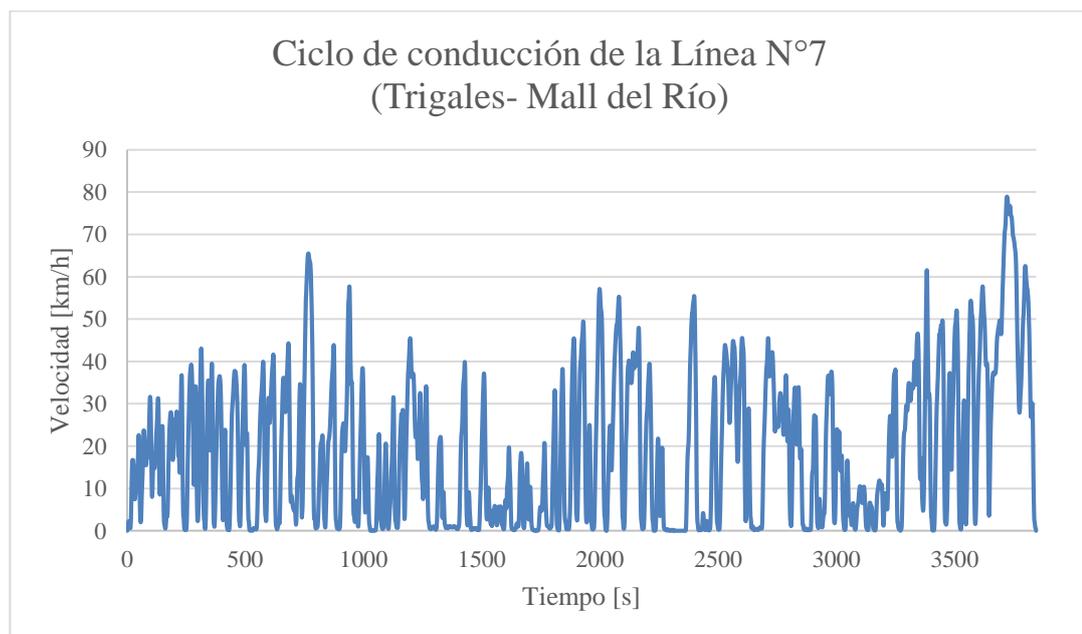


Figura 60. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).

Tabla 45. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7  
(Trigales – Mall del Río).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	2
Velocidad promedio [km/h]	18,83
Velocidad máxima [km/h]	78,94
Tiempo en ralentí [s]	891,00
Número de paradas [-]	53,00
Tiempo total recorrido [s]	3846,00
Distancia recorrida [m]	20113,17
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,48
Tiempo con aceleración positiva [s]	1979,00

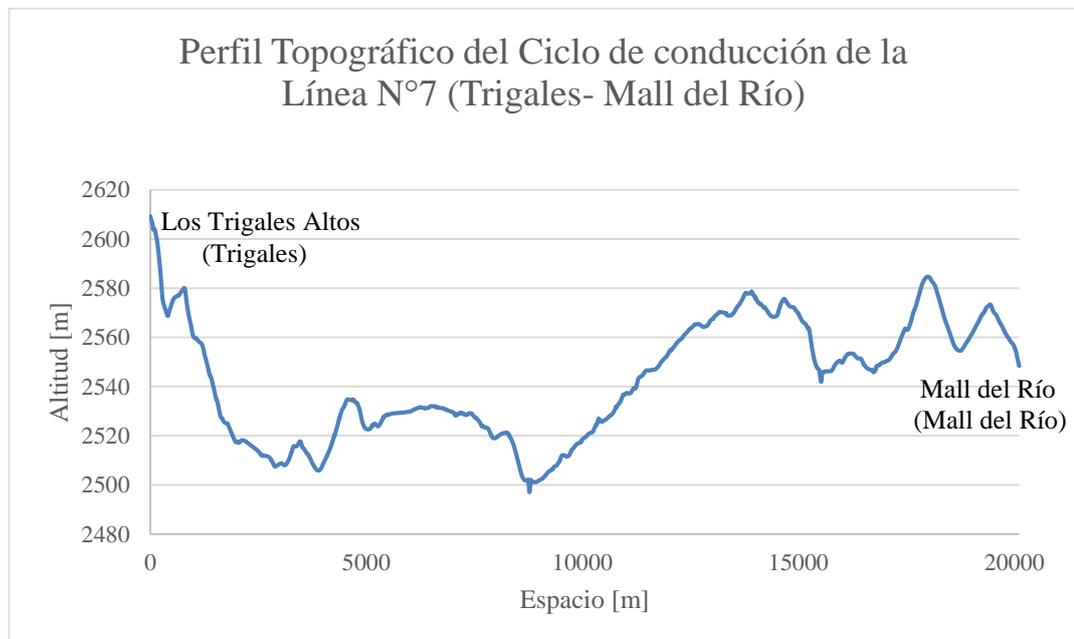


Figura 61. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7  
(Trigales – Mall del Río).

En el trayecto Mall del Río – Trigales de la Línea N°7 el ciclo seleccionado con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y del MDT de Cuenca también coinciden, la curva experimental N°31 (Figura 62) es el ciclo de conducción de este trayecto, sus parámetros característicos (Tabla 46) y perfil topográfico (Figura 63) se aprecian a continuación.

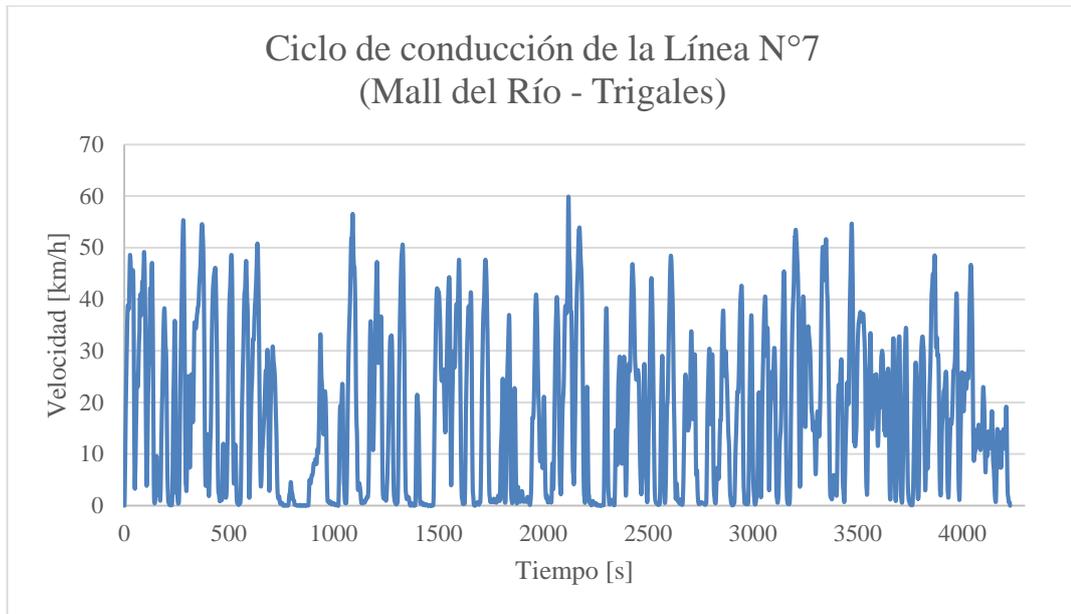


Figura 62. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

Tabla 46. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	31
Velocidad promedio [km/h]	17,40
Velocidad máxima [km/h]	59,88
Tiempo en ralentí [s]	1026,00
Número de paradas [-]	48,00
Tiempo total recorrido [s]	4228,00
Distancia recorrida [m]	20435,98
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,48
Tiempo con aceleración positiva [s]	2107,00

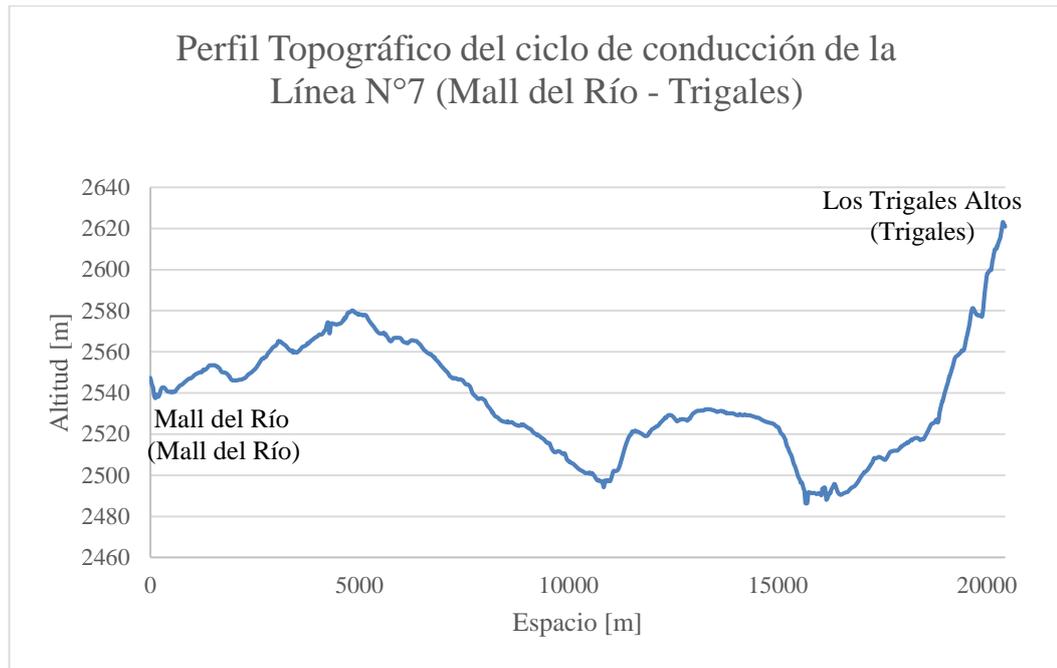


Figura 63. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

En la Troncal 100 en su trayecto Ricaurte – Baños el ciclo escogido con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y del MDT de Cuenca coincide, la curva experimental N°25 (Figura 64) es el ciclo de conducción de este trayecto, sus parámetros característicos (Tabla 47) y perfil topográfico con los dos registros de altitud (Figura 65) se aprecian a continuación.

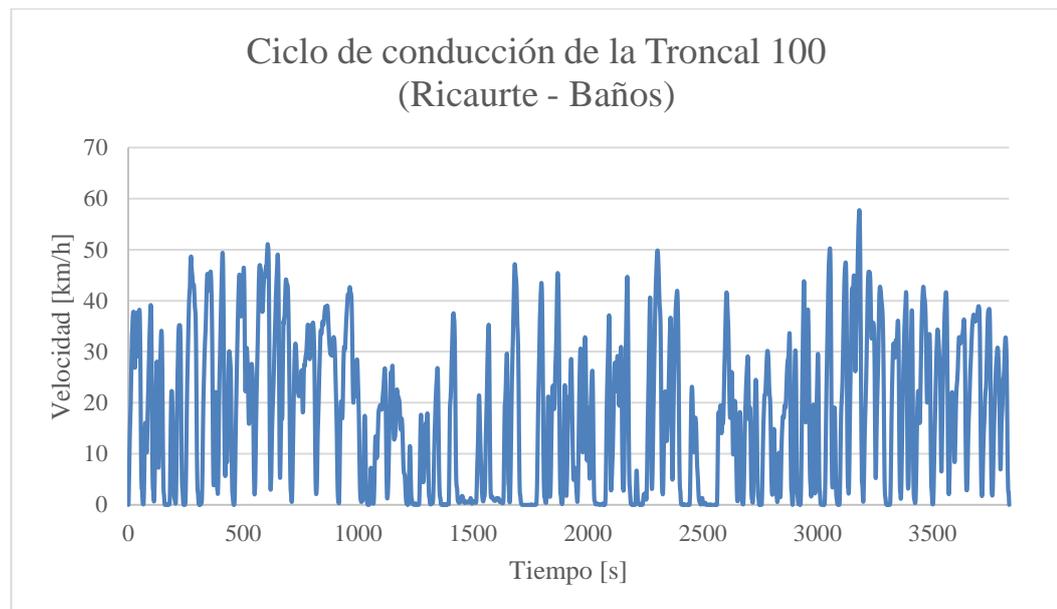


Figura 64. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

Tabla 47. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

<b>Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	25
Velocidad promedio [km/h]	17,73
Velocidad máxima [km/h]	57,78
Tiempo en ralentí [s]	885,00
Número de paradas [-]	44,00
Tiempo total recorrido [s]	3834,00
Distancia recorrida [m]	18884,62
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,47
Tiempo con aceleración positiva [s]	1897,00

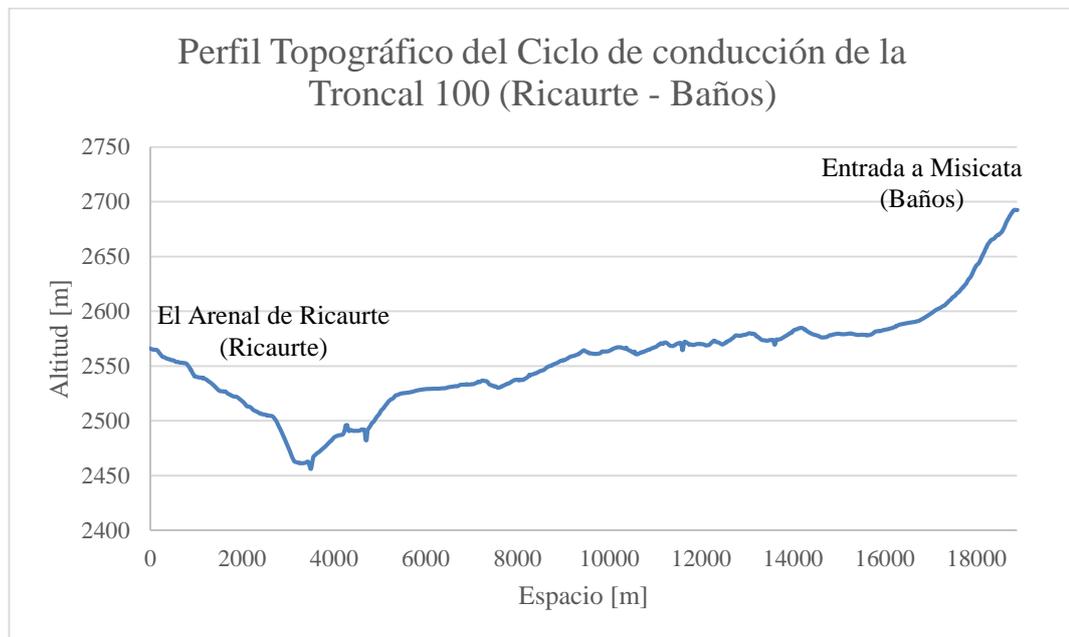


Figura 65. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

En el trayecto Baños - Ricaurte de la Troncal 100 el curva experimental seleccionada con los registros de altitud del navegador GPSmap® 60CSx y con los registros de altitud del MDT de Cuenca no coincide, pero se selecciona como ciclo de conducción a la curva experimental N°12 (Figura 66) determinada con los registros de altitud del MDT de Cuenca por lo explicado en el proceso de la corrección de la cota de altitud,

sus parámetros característicos (Tabla 48) y perfil topográfico (Figura 67) se aprecian a continuación.

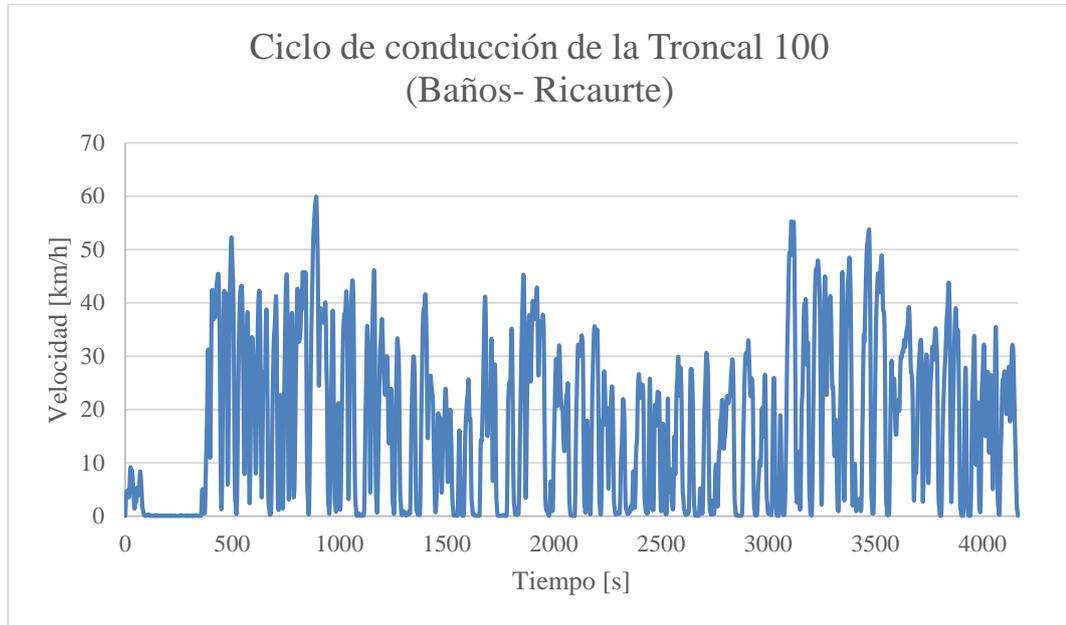


Figura 66. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte) seleccionado con los registros de altitud del MDT de Cuenca.

Tabla 48. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).

<b>Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	12
Velocidad promedio [km/h]	17,11
Velocidad máxima [km/h]	59,94
Tiempo en ralentí [s]	1073,00
Número de paradas [-]	54,00
Tiempo total recorrido [s]	4167,00
Distancia recorrida [m]	19806,78
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,49
Tiempo con aceleración positiva [s]	2000,00

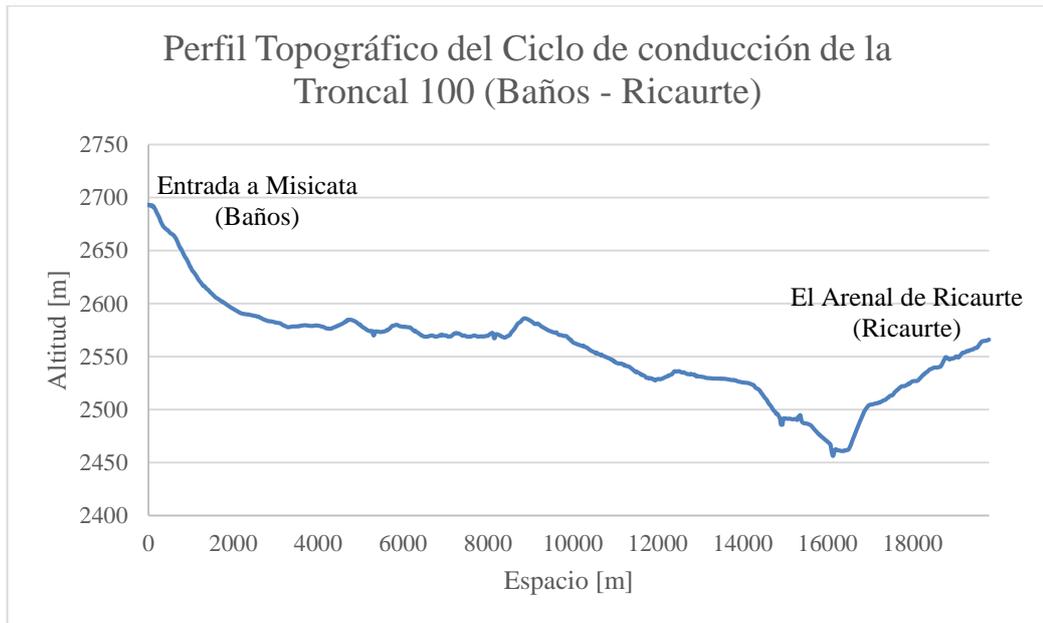


Figura 67. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte)

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones.

Referente a la determinación de la metodología:

- En el presente proyecto se determinaron los ciclos de conducción de las tres rutas con mayor demanda de pasajeros del transporte urbano de Cuenca, para el establecimiento de los procesos a seguir (metodología) se revisaron seis investigaciones previas en las que se aplicaban métodos directos e indirectos de obtención de ciclos de conducción. Las metodologías: “Implantación de Vehículos Eléctricos en el Ayuntamiento de Vigo” (González Perez & Acevedo, 2010), “Determinación de Ciclos de Conducción en Rutas urbanas Fijas” (Jimenez Alonso, López Martínez, & Román de Andrés, 2013) y “Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos” (Gómez de las Heras, 2011); aportaron conceptos importantes para la conceptualización del ensayo, ya que en estas se utilizan métodos indirectos para la determinación de los ciclos. Mientras que las metodologías: “Desarrollo y validación de un ciclo de conducción para la ciudad de San José de Costa Rica” (Sanabria Sandí, 2012), “Determinación de ciclos típicos de conducción” (Cedillo Sanchez, 2013) y “Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira” (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007) aportaron las bases metodológicas para el desarrollo de este trabajo, debido a los buenos resultados obtenidos. El método utilizado obtiene de ciclos de conducción de forma directa, utilizando mínimas diferencias ponderadas.

Referente a la aplicación de la metodología:

- La metodología realizada en esta investigación utiliza un método de obtención directo (mínimas diferencias ponderadas o promedios ponderados) que consiste en seleccionar de los viajes recolectados que conforman la base de datos al viaje que “minimice la distancia euclidiana ponderada de los parámetros que caracterizan cada ciclo” (Cedillo Sanchez, 2013).
- Para la construcción de la base de datos se seleccionaron las tres rutas con mayor demanda de pasajeros debido a que estas rutas tienen: un mayor número de unidades en servicio, mayor frecuencia de salida entre unidades en las paradas y los buses de estas rutas cubren jornadas laborales más extensas con respecto a los buses del resto de rutas. Mediante un navegador GPS se procedió a levantar los registros de: tiempo, velocidad, posición y altitud de cada viaje realizado en cada segundo de recorrido, en total se registraron 219 viajes efectivos (Tabla 25) realizados por 20 conductores distintos (Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16).
- Cada viaje se denominó como una “curva experimental” y se representó con 12 parámetros resumen, los cuales son variables que contienen información de relevancia presente en cada viaje. Los parámetros resumen utilizados fueron: velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo total de recorrido, tiempo en ralentí, tiempo con aceleración positiva, distancia recorrida, número de paradas, aceleración máxima (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007), resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, resistencia a la inercia y resistencia aerodinámica (Cedillo Sanchez, 2013).
- Después de considerar una distribución normal del error en los registros de la base de datos, para definir el tamaño y utilidad de la muestra se calculó el Coeficiente de Variación (CV) de cada parámetro resumen que analiza la dispersión existente de los datos con respecto a una medida de tendencia central, con esto se respaldó la cantidad de curvas experimentales almacenadas y el uso de la Media como medida de tendencia central en el método de promedios ponderados.

- En la determinación de los pesos relativos (ponderaciones) de cada parámetro resumen se utilizó la “fuerza en rueda” como variable dependiente, la cual es una variable calculada a diferencia de la variable “consumo de combustible” utilizada en la ciudad de Toluca, México (Cedillo Sanchez, 2013), que es una variable medida, esto se debió principalmente a la rotación entre líneas en los buses del Consorcio CONCUENCA.
- Con respecto a las metodologías base de la investigación en los ciclos obtenidos en las ciudades de: San José, Costa Rica (Sanabria Sandí, 2012) y Pereira, Colombia (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007) en este trabajo de investigación se involucró en el análisis la pendiente del terreno, lo cual es descartado en las investigaciones mencionadas, además no existe una segmentación en microciclos o “*microtrips*” para conformar el ciclo de conducción como se realiza en la ciudad de San José y Toluca, México (Cedillo Sanchez, 2013).

Referente a los ciclos de conducción obtenidos:

- De las tres rutas en análisis se determinaron seis ciclos de conducción, uno por cada trayecto que compone la ruta, para el análisis se utilizaron tanto los registros de altitud del navegador GPS como los del MDT de Cuenca y a pesar de que se calcularon distintas ponderaciones (Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40) dependiendo del registro de altitud utilizado se reporta la coincidencia de resultados en cinco de los seis ciclos de conducción determinados. Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los registros de altitud del MDT por su mejor exactitud debido a lo expuesto en el apartado 3.3.3. Corrección de cota de altitud (Página 66).
- Para la Línea N°5 en su trayecto Los Andes – El Salado el ciclo de conducción y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 56 y Figura 57 respectivamente, de las 37 “curvas experimentales” que componen la base de datos se escoge a la Curva N°23 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 43.

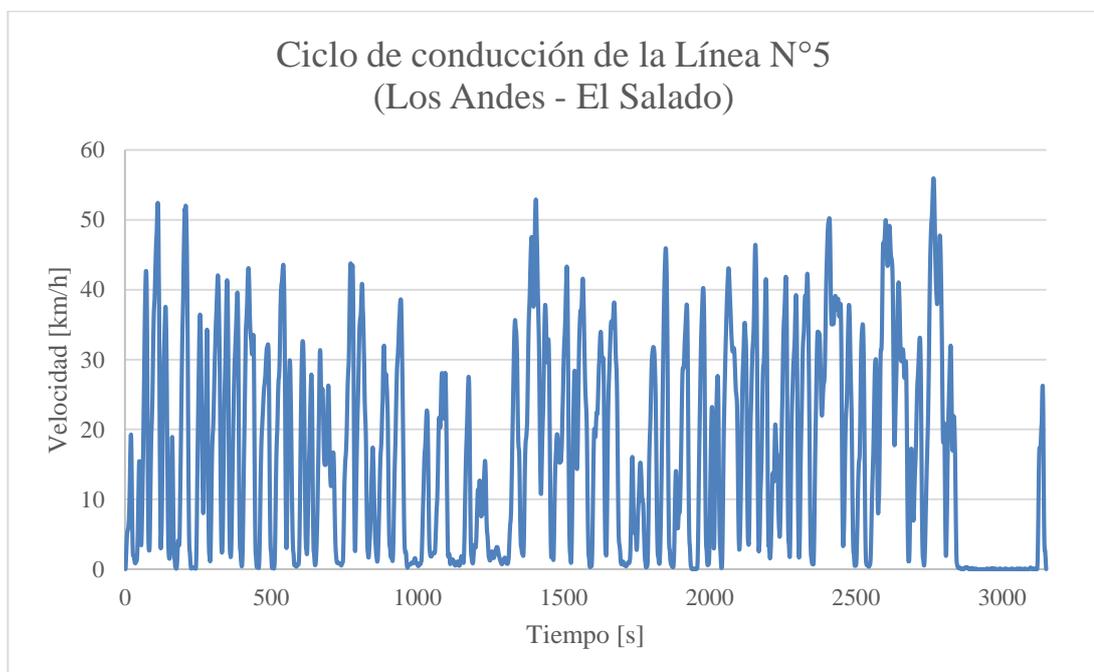


Figura 68. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

Tabla 49. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	23
Velocidad promedio [km/h]	16,64
Velocidad máxima [km/h]	55,96
Tiempo en ralentí [s]	785,00
Número de paradas [-]	35,00
Tiempo total recorrido [s]	3151,00
Distancia recorrida [m]	14565,36
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,26
Tiempo con aceleración positiva [s]	1593,00

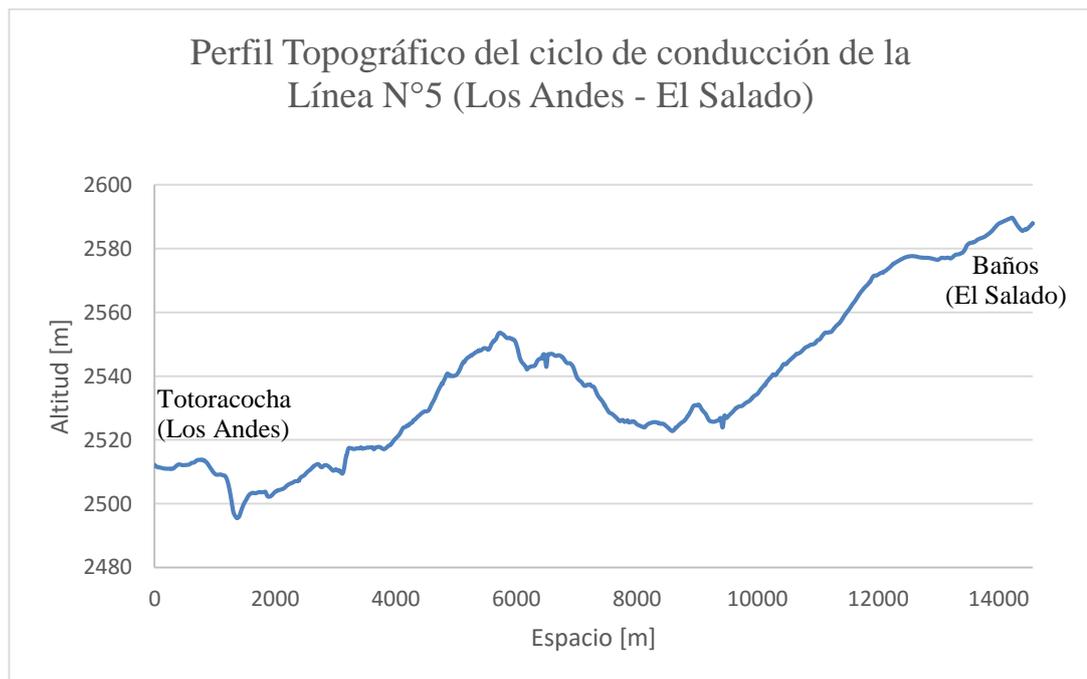


Figura 69. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (Los Andes - El Salado).

- Para la Línea N°5 en su trayecto El Salado - Los Andes el ciclo de conducción y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 70 y Figura 71 respectivamente, de las 39 “curvas experimentales” que componen la base de

datos se escoge a la Curva N°20 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 44.

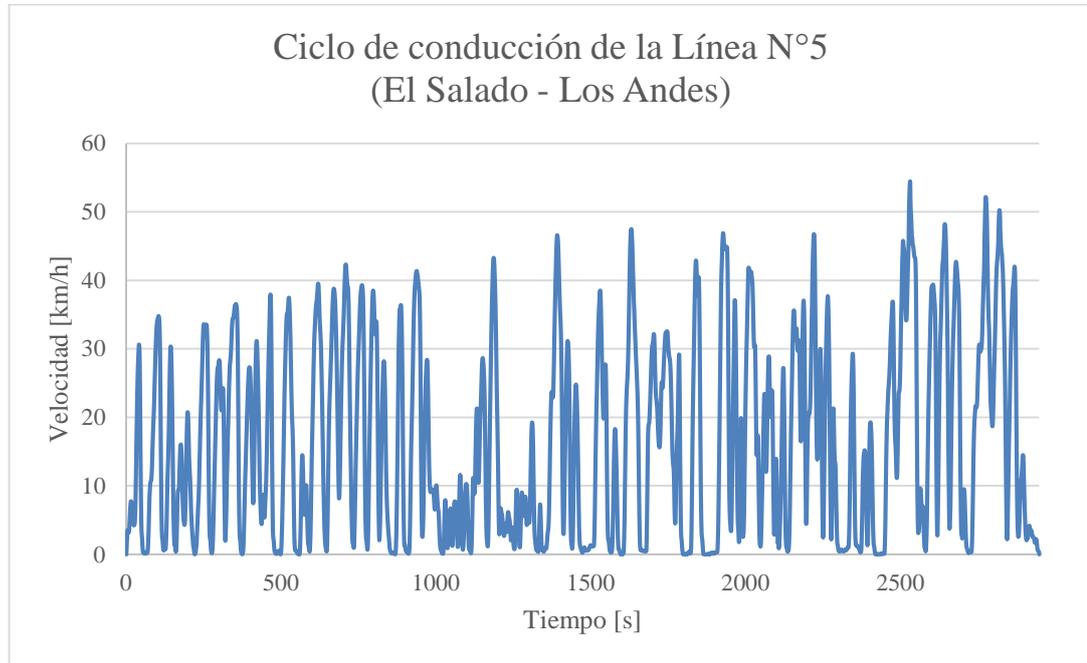


Figura 70. Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

Tabla 50. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado – Los Andes).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	20
Velocidad promedio [km/h]	16,43
Velocidad máxima [km/h]	54,46
Tiempo en ralentí [s]	615,00
Número de paradas [-]	39,00
Tiempo total recorrido [s]	2949,00
Distancia recorrida [m]	13456,08
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,38
Tiempo con aceleración positiva [s]	1451,00

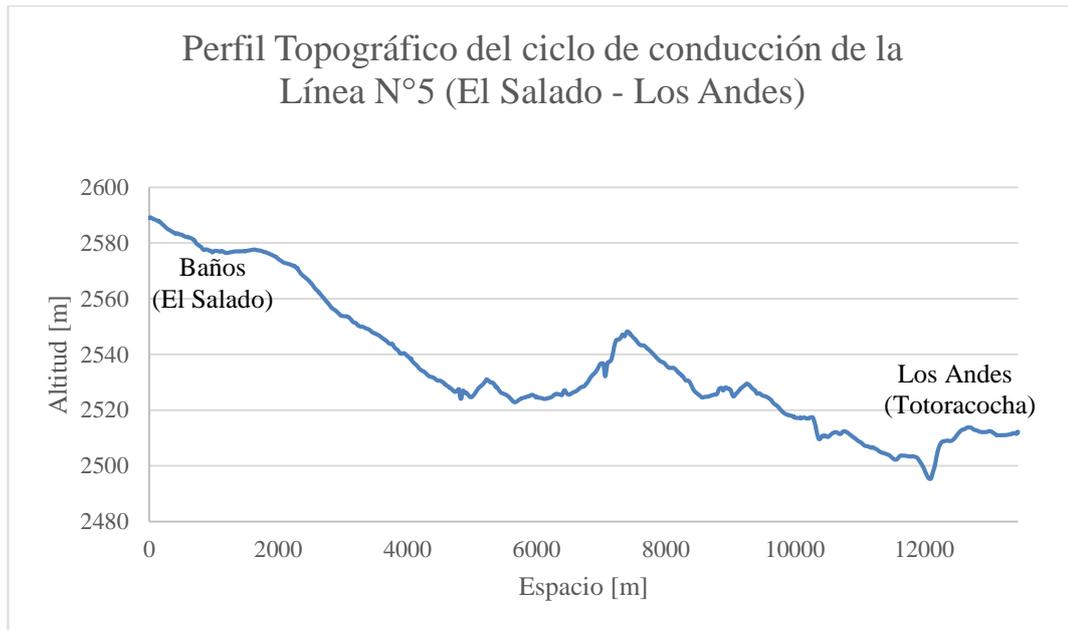


Figura 71. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°5 (El Salado - Los Andes).

- Para la Línea N°7 en su trayecto Trigales – Mall del Río el ciclo de conducción y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 60 y Figura 61 respectivamente, de las 36 “curvas experimentales” que componen la base de datos se escoge a la Curva N°2 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 45.

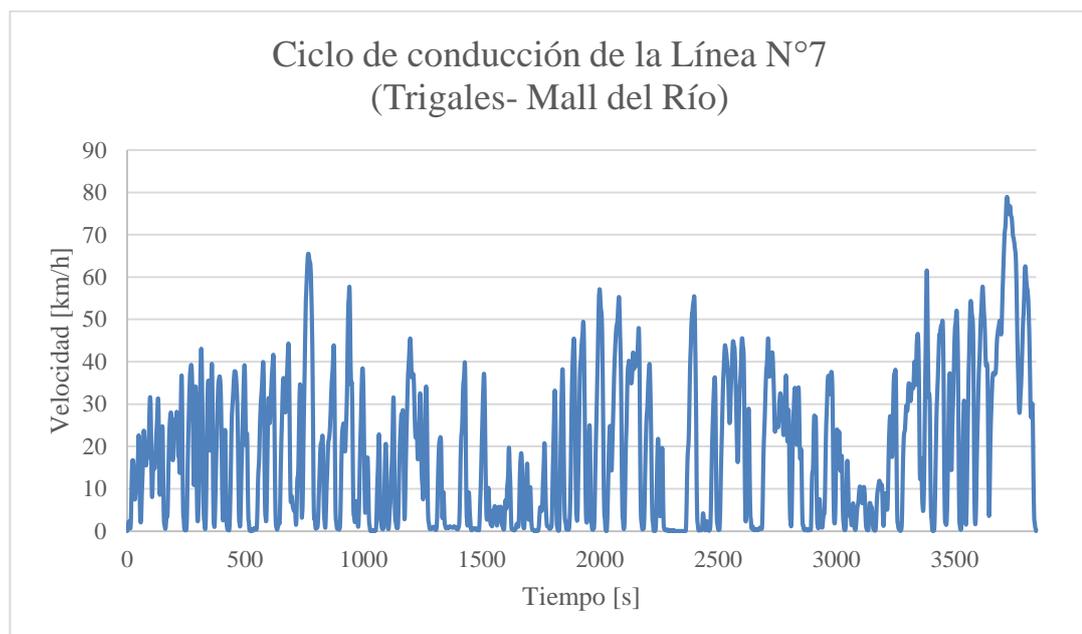


Figura 72. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).

Tabla 51. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	2
Velocidad promedio [km/h]	18,83
Velocidad máxima [km/h]	78,94
Tiempo en ralentí [s]	891,00
Número de paradas [-]	53,00
Tiempo total recorrido [s]	3846,00
Distancia recorrida [m]	20113,17
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,48
Tiempo con aceleración positiva [s]	1979,00

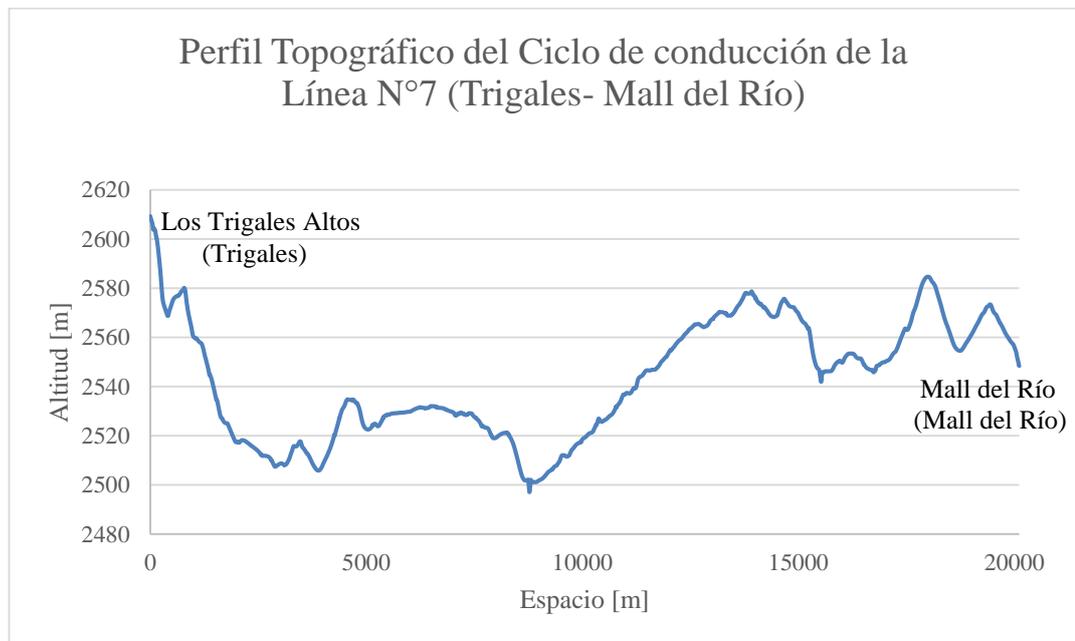


Figura 73. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7 (Trigales – Mall del Río).

- Para la Línea N°7 en su trayecto Mall del Río - Trigales el ciclo de conducción y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 62 y Figura 63 respectivamente, de las 35 “curvas experimentales” que componen la base de datos se escoge a la Curva N°31 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 46.

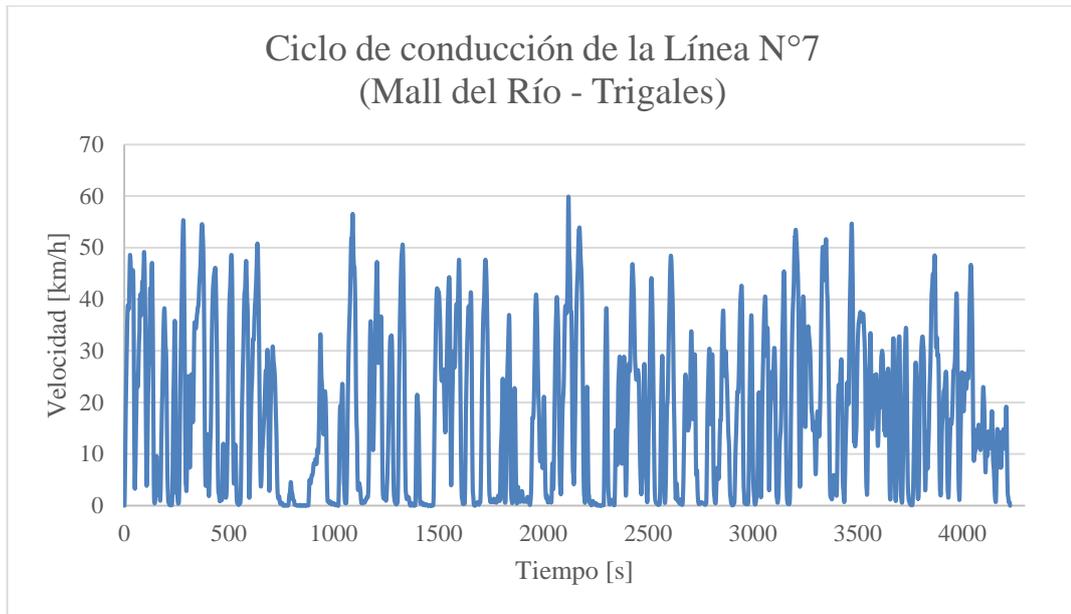


Figura 74. Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

Tabla 52. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

<b>Ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	31
Velocidad promedio [km/h]	17,40
Velocidad máxima [km/h]	59,88
Tiempo en ralentí [s]	1026,00
Número de paradas [-]	48,00
Tiempo total recorrido [s]	4228,00
Distancia recorrida [m]	20435,98
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,48
Tiempo con aceleración positiva [s]	2107,00

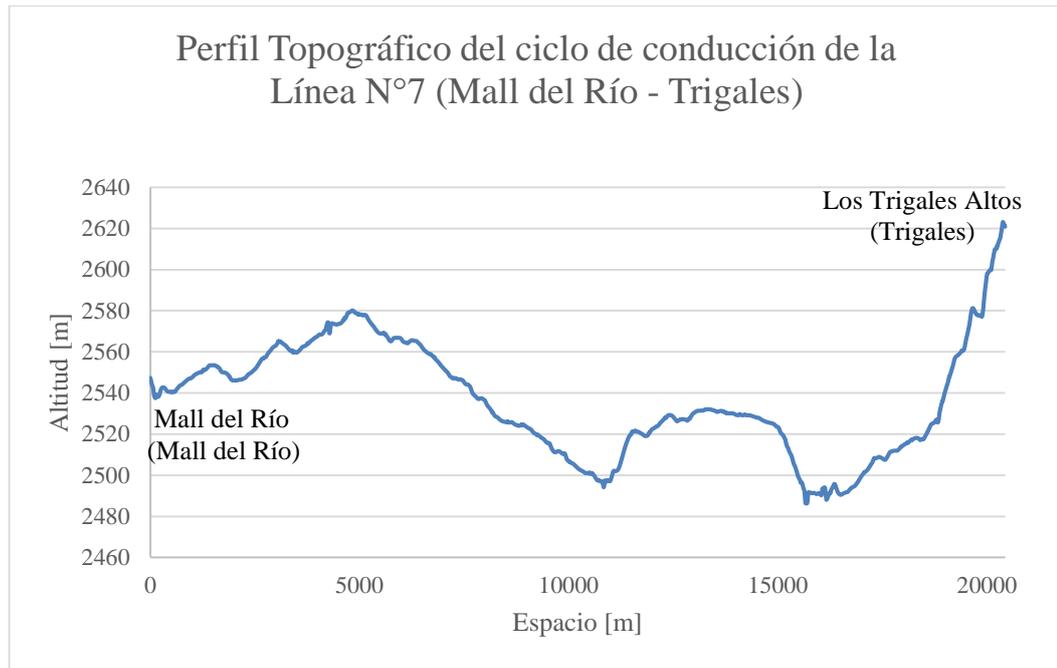


Figura 75. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Línea N°7 (Mall del Río – Trigales).

- Para la Troncal 100 en su trayecto Ricaurte – Baños el ciclo de conducción se observa y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 64 y Figura 65 respectivamente, de las 38 “curvas experimentales” que componen la base de datos se escoge a la Curva N°25 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 47.

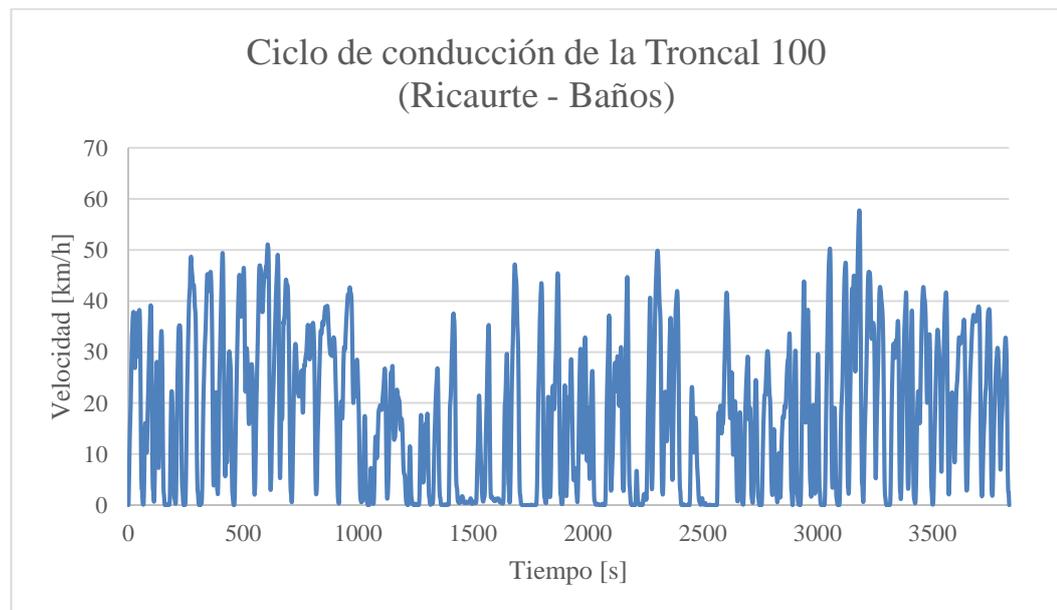


Figura 76. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

Tabla 53. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

<b>Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	25
Velocidad promedio [km/h]	17,73
Velocidad máxima [km/h]	57,78
Tiempo en ralentí [s]	885,00
Número de paradas [-]	44,00
Tiempo total recorrido [s]	3834,00
Distancia recorrida [m]	18884,62
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,47
Tiempo con aceleración positiva [s]	1897,00

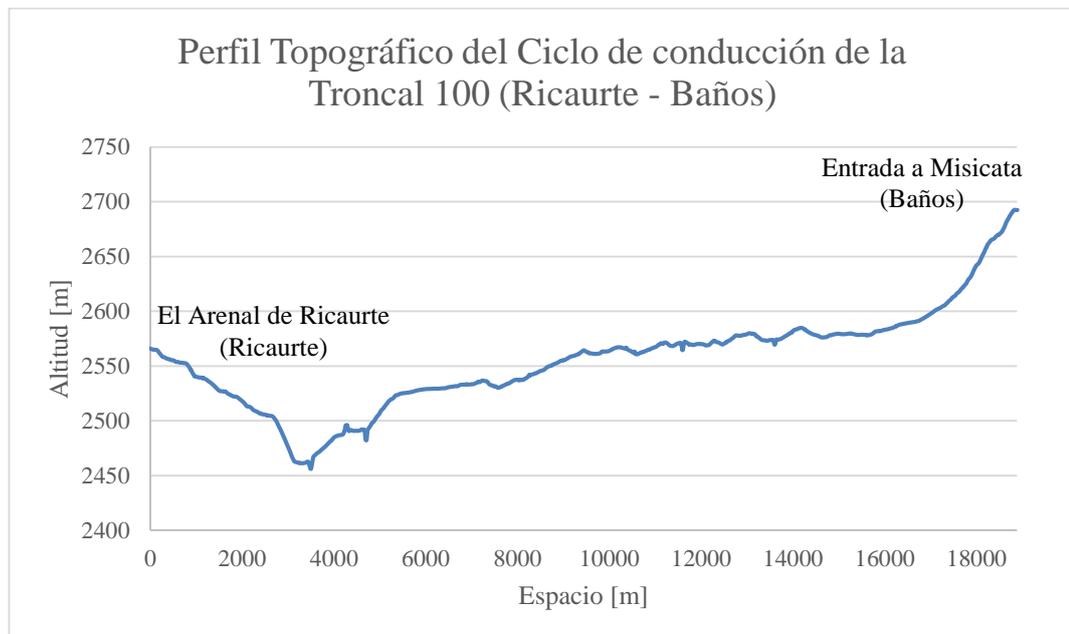


Figura 77. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Ricaurte – Baños).

- Para la Troncal 100 en su trayecto Baños - Ricaurte el ciclo de conducción y perfil topográfico de ruta se observan en la Figura 66 y Figura 67 respectivamente, de las 34 “curvas experimentales” que componen la base de datos se escoge a la Curva N°12 como el ciclo de conducción de este trayecto; sus parámetros característicos se muestran en la Tabla 48.

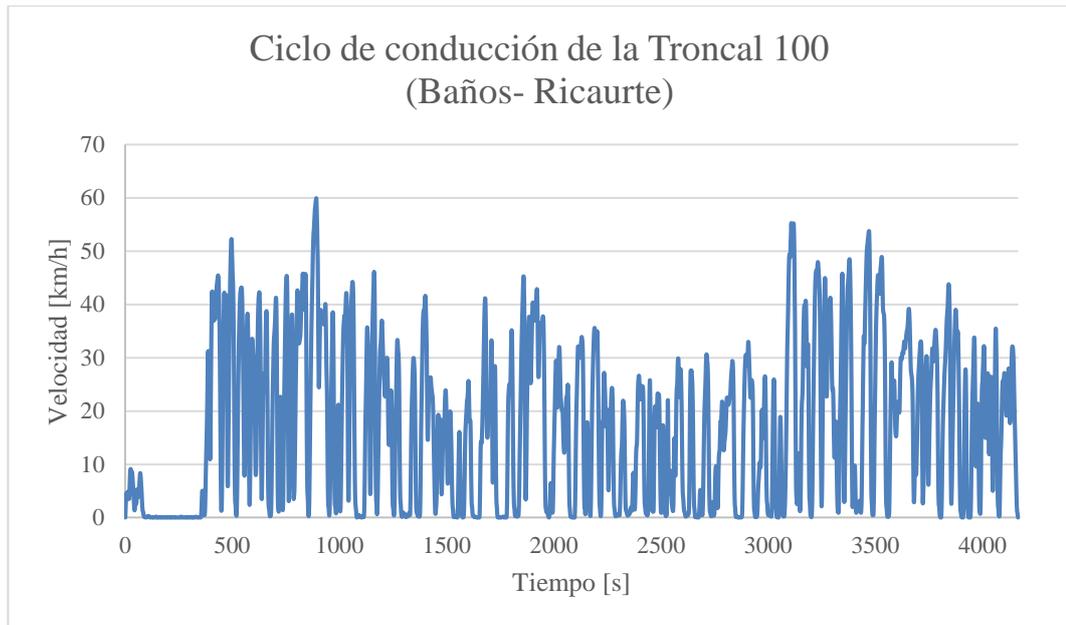


Figura 78. Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte) seleccionado con los registros de altitud del MDT de Cuenca.

Tabla 54. Parámetros característicos del Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).

<b>Ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).</b>	
<b>Parámetros</b>	
Curva experimental seleccionada	12
Velocidad promedio [km/h]	17,11
Velocidad máxima [km/h]	59,94
Tiempo en ralentí [s]	1073,00
Número de paradas [-]	54,00
Tiempo total recorrido [s]	4167,00
Distancia recorrida [m]	19806,78
Aceleración positiva máxima [m/s <sup>2</sup> ]	1,49
Tiempo con aceleración positiva [s]	2000,00

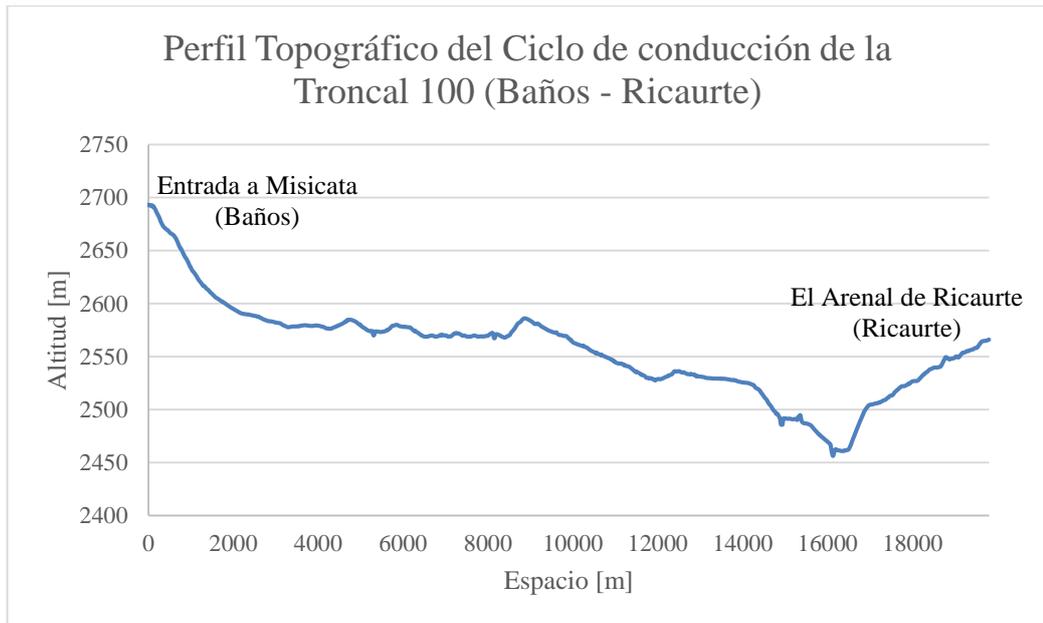


Figura 79. Perfil topográfico del ciclo de conducción de la Troncal 100 (Baños – Ricaurte).

## 5.2 Recomendaciones.

Referente a investigaciones realizables a futuro:

- En la presente investigación se determinaron seis ciclos de conducción de las tres rutas con mayor demanda de pasajeros del transporte urbano de Cuenca, como proyecto a futuro se podrían determinar los ciclos de conducción de las veinte y cuatro restantes con base en la metodología descrita en esta investigación.
- Se recomienda utilizar los ciclos de conducción determinados con los registros de altitud del MDT de Cuenca, ya que los valores de altitud de estos tienen un menor rango de error comparándolos con los del navegador GPS evitando cambios bruscos en el valor de la pendiente.
- Es preferible en futuras investigaciones utilizar una variable dependiente medida en vez de una calculada en la regresión lineal para determinar las ponderaciones de cada parámetro resumen, los altos coeficientes de determinación calculados se generan porque la variable dependiente se crea de otros parámetros resumen.
- Los ciclos de conducción obtenidos pueden ser utilizados como herramientas para estimar el consumo energético y emisiones contaminantes de los modelos de buses que se deseen adquirir en el proceso de renovación de flota del Consorcio CONCUENCA, con esto se respaldaría técnicamente la compra de las unidades que registren el mejor desempeño en las pruebas.
- En un trabajo de investigación a futuro se pueden analizar optimizaciones realizables en un autobús para mejorar su desempeño en ruta con los ciclos de conducción determinados, ya sea para disminuir su consumo energético o emisiones contaminantes.
- Por último resulta interesante realizar un proceso de homologación vehicular de un bus urbano con el ciclo Transciento Pesado contemplado en la NTE INEN 2 207:2002 (Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites

permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel) para automotores de más de 3860 kg y comparar los resultados con los ciclos determinados en la presente investigación, lo cual validaría su utilización en el medio para los proceso de homologación vehicular.

## CAPÍTULO VI

### ANEXOS.

#### 6.1 Anexo I

Programa empleado para segmentar las jornadas laborales en curvas experimentales.

```

clc,clear
a1=1;
a2=2;
% Determinación de las columnas correspondientes a cada variable
Tiempo = 1;
Latitud=2;
Longitud=3;
Altura = 4;
Velocidad_km_h = 5;
%Menú de Inicio
while a1<2;
disp('          Segmentación de jornada laboral en curvas
experimentales')
disp(' ')
disp(' ')
disp(' ')
disp('Seleccione la Línea a analizar: ')
disp(' ')
disp('1.- Línea 5 (Los Andes - El Salado) ')
disp('2.- Línea 7 (Trigales - Mall del Río) ')
disp('3.- Troncal 100 (Ricaurte - Baños) ')
disp(' ')
disp(' ')
opcion=input('Escoja una opción: ');
%Segmentación de la Línea 5 (Trayecto Los Andes - El Salado)
if opcion==1
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a segmentar (del 1 al 8): ');
if j>=1 & j<=8;
%leer base de datos de la Línea 5 (Los Andes - El Salado)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\dial.xls',j
);
%buscar datos dentro de las coordenadas de las paradas de la Línea 5
(Los Andes - El Salado)
terminal1=find(abs(Datos(:,Latitud))>=2.888576 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.889276 & abs(Datos(:,Longitud))>=78.971500
& abs(Datos(:,Longitud))<=78.972200);
terminal2=find(abs(Datos(:,Latitud))>=2.921294 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.921794 & abs(Datos(:,Longitud))>=79.045191
& abs(Datos(:,Longitud))<=79.045691 | (abs(Datos(:,Latitud))>=2.921107
& abs(Datos(:,Latitud))<=2.921807 &

```

```

abs(Datos(:,Longitud))>=79.043715 &
abs(Datos(:,Longitud))<=79.044415));
a1=3;
a2=3;
else
clc
disp('no es una opción válida')
pause
a1=1;
a2=1;
clc
end
elseif opcion==2
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a segmentar (del 1 al 7): ');
if j>=1 & j<=7;
%leer base de datos de la Línea 7 (Trigales - Mall del Río)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\dia2.xls',7
);
%buscar datos dentro de las coordenadas de las terminales de la
Linea 7 (Trigales - Mall del Río)
terminal1=find((abs(Datos(:,Latitud))>=2.867366 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.868866 & abs(Datos(:,Longitud))>=78.990570
&
abs(Datos(:,Longitud))<=78.992370) | (abs(Datos(:,Latitud))>=2.867375
& abs(Datos(:,Latitud))<=2.867675 &
abs(Datos(:,Longitud))>=78.990575 &
abs(Datos(:,Longitud))<=78.990975) | (abs(Datos(:,Latitud))>=2.867812
& abs(Datos(:,Latitud))<=2.868112 &
abs(Datos(:,Longitud))>=78.990443 &
abs(Datos(:,Longitud))<=78.990843));
terminal2=find(abs(Datos(:,Latitud))>=2.919186 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.920786 & abs(Datos(:,Longitud))>=79.016384
& abs(Datos(:,Longitud))<=79.016784 );
a2=3;
a1=3;
else
clc
disp('no es una opción válida')
pause
a1=1;
a2=1;
clc
end
elseif opcion==3
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a segmentar (del 1 al 7): ');
if j>=1 & j<=7;
%leer base de datos de la Troncal 100 (Ricaurte - Baños)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\dia3.xls',5
);
%buscar datos dentro de las coordenadas de las terminales de la
Troncal 100 (Ricaurte - Baños)
terminal1=find((abs(Datos(:,Latitud))>=2.855892 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.857392 & abs(Datos(:,Longitud))>=78.962094
& abs(Datos(:,Longitud))<=78.963594));
terminal2=find(abs(Datos(:,Latitud))>=2.920329 &
abs(Datos(:,Latitud))<=2.921029 & abs(Datos(:,Longitud))>=79.065325
& abs(Datos(:,Longitud))<=79.066025 );

```

```

a2=3;
a1=3;
else
clc
disp('no es una opción válida')
pause
a1=1;
a2=1;
clc
end
else
clc
disp('no es una opción válida')
pause
a1=1;
clc
end
end
    clc
    clear ('a1','a2','j')
    %restar las posiciones de los puntos encontrados en las zonas de
    %terminales
    a=1;
for n=1:length(terminal1)-1;
    terminal_1(a,1)=terminal1(a+1,1)-terminal1(a,1);
    a=a+1;
end
b=1;
for n=1:length(terminal2)-1;
    terminal_2(b,1)=terminal2(b+1,1)-terminal2(b,1);
    b=b+1;
end
%encontrar los datos que indican salidas de las terminales
puntos1=find( terminal_1(:,1)>1000);
puntos2=find( terminal_2(:,1)>1000);
%encontrar los datos que indican ingresos a las terminales
puntos3=puntos1+1;
puntos4=puntos2+1;
%encontrar los valores en segundos que indican los ingresos y
salidas de las terminales
respuesta1=terminal1(puntos1);
respuesta2=terminal2(puntos2);
respuesta3=terminal1(puntos3);
respuesta4=terminal2(puntos4);
a=1;
b=2;
%si existen mas viajes de la terminal de inicio hasta la terminal de
finalización que de la
%terminal de finalización hasta la de inicio ordenar
if length(respuesta1)>length(respuesta2);
for n=1:length(respuesta2);
respuesta(a,1)=respuesta1(n,1);
respuesta(a+1,2)=respuesta3(n,1);
respuesta(b,1)=respuesta2(n,1);
respuesta(b+1,2)=respuesta4(n,1);
a=a+2;
b=b+2;
end
respuesta(1,2)=terminal2(1,1);
respuesta(a,1)=respuesta1(n+1,1);
respuesta(b,1)=terminal2(length(terminal2),1);

```

```

respuesta(b,2)=terminal1(length(terminal1),1);
%si existen igual número de viajes de la terminal de inicio hasta la
terminal de finalización y de la
%terminal de finalización hasta la de inicio pero el bus inicia el
recorrido en la terminal de inicio ordenar
elseif (length(respuesta1)==length(respuesta2) &
respuesta1(1,1)<respuesta2(1,1));
for n=1:length(respuesta1);
respuesta(a,1)=respuesta1(n,1);
respuesta(a+1,2)=respuesta3(n,1);
respuesta(b,1)=respuesta2(n,1);
respuesta(b+1,2)=respuesta4(n,1);
a=a+2;
b=b+2;
end
respuesta(1,2)=terminal2(1,1);
respuesta(a,1)=terminal1(length(terminal1),1);
%si existen igual número de viajes de la terminal de inicio hasta la
terminal de finalización y de la
%terminal de finalización hasta la de inicio pero el bus inicia el
recorrido en la terminal de finalización ordenar
elseif (length(respuesta1)==length(respuesta2) & respuesta1(1,1)>
respuesta2(1,1));
for n=1:length(respuesta1);
respuesta(a,1)=respuesta2(n,1);
respuesta(a+1,2)=respuesta4(n,1);
respuesta(b,1)=respuesta1(n,1);
respuesta(b+1,2)=respuesta3(n,1);
a=a+2;
b=b+2;
end
respuesta(1,2)=terminal1(1,1);
respuesta(a,1)=terminal2(length(terminal2),1);
%si existen mas viajes de la terminal de finalización hasta la de
inicio que de la terminal de inicio
%hasta la terminal de finalización ordenar
elseif length(respuesta2)>length(respuesta1);
for n=1:length(respuesta1);
respuesta(a,1)=respuesta2(n,1);
respuesta(a+1,2)=respuesta4(n,1);
respuesta(b,1)=respuesta1(n,1);
respuesta(b+1,2)=respuesta3(n,1);
a=a+2;
b=b+2;
end
respuesta(1,2)=terminal1(1,1);
respuesta(a,1)=respuesta2(n+1,1);
end
%mostrar respuesta
respuesta

```

## 6.2 Anexo II

Programa empleado para corregir los datos de altitud del navegador GPS con los del MDT de Cuenca.

```

clc, clear
a1=1;
a2=2;
% Determinación de las columnas correspondientes a cada variable
tiempo = 4;
latitud = 5;
longitud = 6;
altura_gps = 3;
velocidad = 7;
UTM_easting = 1;
UTM_northing = 2;
altura_mdt = 3;
%Menú de Inicio
while a1<2;
disp(' Segmentación de jornada laboral en curvas
experimentales')
disp(' ')
disp(' ')
disp(' ')
disp('Selecione la Línea a analizar: ')
disp(' ')
disp('1.- Línea 5 (Los Andes - El Salado) ')
disp('2.- Línea 7 (Trigales - Mall del Río) ')
disp('3.- Troncal 100 (Ricaurte - Baños) ')
disp(' ')
disp(' ')
opcion=input('Escoja una opción: ');
%Segmentación de la Línea 5 (Trayecto Los Andes - El Salado)
if opcion==1
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a corregir las cotas de altitud
(del 1 al 8): ');
if j>=1 & j<=8;
%leer base de datos con registros de altitud del navegador GPS y
registros de altitud del MDT de Cuenca de la Línea 5 (Los Andes - El
Salado)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\línea 5\viaje 1.xlsx',j);
Datos1=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\línea 5\viaje 1a.xlsx',j);
a1=3;
a2=3;
else
clc
disp('no es una opción válida')
pause
a1=1;
a2=1;

```

```

clc
end
elseif opcion==2
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a corregir las cotas de altitud
(del 1 al 7): ');
if j>=1 & j<=7;
%leer base de datos con registros de altitud del navegador GPS y
registros de altitud del MDT de Cuenca de la Linea 7 (Trigales -
Mall del Río)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\linea 7\viaje 2.xlsx',j);
Datos1=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\linea 7\viaje 2a.xlsx',j);
a2=3;
a1=3;
else
clc
disp('no es una opción valida')
pause
a1=1;
a2=1;
clc
end
elseif opcion==3
disp(' ')
disp(' ')
j=input('Escoja la jornada laboral a corregir las cotas de altitud
(del 1 al 7): ');
if j>=1 & j<=7;
%leer base de datos con registros de altitud del navegador GPS y
registros de altitud del MDT de Cuenca de la Troncal 100 (Ricaurte -
Baños)
Datos=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\Troncal 100\viaje 3.xlsx',j);
Datos1=xlsread('C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\registros
gps\troncal 100\viaje 3a.xlsx',j);
a2=3;
a1=3;
else
clc
disp('no es una opción valida')
pause
a1=1;
a2=1;
clc
end
else
clc
disp('no es una opción valida')
pause
a1=1;
clc
end
end
clc
clear ('a1','a2','j')

b=1;
u=1;

```

```
%buscar las posiciones correspondientes entre los datos del
navegador GPS y
%del MDT de Cuenca con una tolerancia de +- 10 centímetros
while u<=length(Datos(:,tiempo));
if (Datos(u,UTM_easting)>=(Datos1(b,UTM_easting)-0.1)) &
(Datos(u,UTM_easting)<=(Datos1(b,UTM_easting)+0.1));
    if (Datos(u,UTM_northing)>=(Datos1(b,UTM_northing)-0.1)) &
(Datos(u,UTM_northing)<=(Datos1(b,UTM_northing)+0.1));
        resultados(u,1)=Datos(u,tiempo);
        resultados(u,2)=Datos(u,latitud);
        resultados(u,3)=Datos(u,longitud);
        resultados(u,4)=Datos(u,altura_gps);
        resultados(u,5)=Datos1(b,altura_mdt);
        resultados(u,6)=Datos(u,velocidad);
        resultados(u,7)=Datos(u,UTM_easting);
        resultados(u,8)=Datos(u,UTM_northing);
        resultados(u,9)=Datos1(b,UTM_easting);
        resultados(u,10)=Datos1(b,UTM_northing);
        u=u+1;
    end
end
b=b+1;
end
%las respuestas estan contenidas en las columnas 4(altitud GPS) y
5(altitud MDT)de la matriz resultados
```

### 6.3 Anexo III

Programa empleado para construir parámetros resumen, calcular los coeficientes de variación, descomponer matriz de variables independientes en sus valores singulares y determinar el ciclo de conducción por el método de promedios ponderados con los registros de altitud del navegador GPS y del MDT de Cuenca. .

```

clc,clear
%Menu de inicio
a1=1;
while a1<2;
disp('      Determinación de Ciclos de Conducción para Buses
Urbanos')
disp(' ')
disp(' ')
disp(' ')
disp('Seleccione la Línea y el Trayecto a analizar: ')
disp(' ')
disp('1.- Troncal 100 (Trayecto Ricaurte - Baños) ')
disp('2.- Troncal 100 (Trayecto Baños - Ricaurte) ')
disp('3.- Línea 5 (Trayecto Los Andes - El Salado) ')
disp('4.- Línea 5 (Trayecto El Salado - Los Andes) ')
disp('5.- Línea 7 (Trayecto Trigales - Mall del Río) ')
disp('6.- Línea 7 (Trayecto Mall del Río - Trigales) ')
disp(' ')
disp(' ')
opcion=input('Escoja una opción: ');
%lectura de base de datos dependiendo de la opción seleccionada
if opcion==1
    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\troncal 100
(trayecto ricaurte - baños).xls';
    n=38;
    a1=3;
elseif opcion==2
    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\troncal 100
(trayecto baños - ricaurte).xls';
    n=34;
    a1=3;
elseif opcion==3
    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\linea 5
(trayecto los andes - el salado).xls';
    n=37;
    a1=3;
elseif opcion==4
    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\linea 5
(trayecto el salado - los andes).xls';
    n=39;
    a1=3;
elseif opcion==5
    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\linea 7
(trayecto trigales - mall del rio).xls';
    n=36;
    a1=3;
elseif opcion==6

```

```

    trayecto='C:\Users\Diana\Documents\tesis\documentos\linea 7
(trayecto mall del rio - trigales).xls';
    n=35;
    a1=3;
else
    clc
    disp('no es una opción valida')
    pause
    a1=1;
    clc
end
end
    clc
    clear a1

%Determinación de variables a calcular en cada curva experimental
Tiempo = 1;
Velocidad_km_h = 2;
Altura_GPS = 3;
Altura_MDT=4;
Velocidad_m_s = 5;
Espacio = 6;
Aceleracion_m_s_2 = 7;
Pendiente_rad_GPS= 8;
Pendiente_rad_MDT= 9;
Resistencia_aerodinamica=10;
Resistencia_rodadura_GPS=11;
Resistencia_rodadura_MDT=12;
Resistencia_pendiente_GPS=13;
Resistencia_pendiente_MDT=14;
Resistencia_inercia=15;
Fx_GPS=16;
Fx_MDT=17;

%Determinación de constantes del bus en análisis
Cd=0.6189;
fr=0.00923;
Masa=9781.27;
Area_frontal=7.29;
Densidad=0.833770226;
Gravedad=9.81;

%carga de los valores de pesos relativos
Pesos=xlsread(trayecto, (n+1));

%Inicio de programa
for u=1:n;

    %Lectura de base de datos en excel
    Datos=xlsread(trayecto,u);

    %Suavizado de datos de velocidad y altura
    Datos(:,Velocidad_km_h)=smooth(Datos(:,Velocidad_km_h));
    Datos(:,Altura_GPS)=smooth(Datos(:,Altura_GPS));
    Datos(:,Altura_MDT)=smooth(Datos(:,Altura_MDT));

    %Cálculo de Velocidad en metros por segundo [m/s]
for m=1:length(Datos(:,Tiempo));
    Datos(m,Velocidad_m_s)=Datos(m,Velocidad_km_h)/3.6;

```

```

end

    %Cálculo de Espacio en metros [m], Aceleración en metros por
    segundo^2
    %[m/s^2] y pendientes de GPS y MDT en radianes [rad]
    for o=2:length(Datos(:,Tiempo));
        Datos(o,Espacio)= Datos(o,Velocidad_m_s)*(Datos(o,Tiempo)-
        Datos(o-1,Tiempo));
        Datos(o,Aceleracion_m_s_2)=(Datos(o,Velocidad_m_s)-Datos(o-
        1,Velocidad_m_s))/(Datos(o,Tiempo)-Datos(o-1,Tiempo));
        if (Datos(o,Espacio)>abs(Datos(o,Altura_GPS)-Datos(o-
        1,Altura_GPS)) & (Datos(o,Velocidad_km_h)>3));
            Datos(o,Pendiente_rad_GPS)=asin((Datos(o,Altura_GPS)-
            Datos(o-1,Altura_GPS))/Datos(o,Espacio));
        else
            Datos(o,Pendiente_rad_GPS)=0;
        end
        if (Datos(o,Espacio)>abs(Datos(o,Altura_MDT)-Datos(o-
        1,Altura_MDT)) & (Datos(o,Velocidad_km_h)>3));
            Datos(o,Pendiente_rad_MDT)=asin((Datos(o,Altura_MDT)-
            Datos(o-1,Altura_MDT))/Datos(o,Espacio));
        else
            Datos(o,Pendiente_rad_MDT)=0;
        end
    end

    %Calculo de Fuerzas: Fd, Rx, Rg, Ri, Fx de GPS y MDT
    for o=1:length(Datos(:,Tiempo));

        Datos(o,Resistencia_aerodinamica)=0.5*Area_frontal*Densidad*Cd*(Dato
        s(o,Velocidad_m_s))^2;

        Datos(o,Resistencia_rodadura_GPS)=Masa*Gravedad*fr*cos(Datos(o,Pendi
        ente_rad_GPS));

        Datos(o,Resistencia_rodadura_MDT)=Masa*Gravedad*fr*cos(Datos(o,Pendi
        ente_rad_MDT));

        Datos(o,Resistencia_pendiente_GPS)=Masa*Gravedad*sin(Datos(o,Pendien
        te_rad_GPS));

        Datos(o,Resistencia_pendiente_MDT)=Masa*Gravedad*sin(Datos(o,Pendien
        te_rad_MDT));
        Datos(o,Resistencia_inercia)=Masa*Datos(o,Aceleracion_m_s_2);

        Datos(o,Fx_GPS)=Datos(o,Resistencia_aerodinamica)+Datos(o,Resistenci
        a_rodadura_GPS)+Datos(o,Resistencia_pendiente_GPS)+Datos(o,Resistenc
        ia_inercia);

        Datos(o,Fx_MDT)=Datos(o,Resistencia_aerodinamica)+Datos(o,Resistenci
        a_rodadura_MDT)+Datos(o,Resistencia_pendiente_MDT)+Datos(o,Resistenc
        ia_inercia);
    end

    %Almacenamiento de datos calculados en ciclos.
    Ciclo=genvarname(['Ciclo ',num2str(u)]);
    eval(['Ciclo, '=Datos']);

    %creacion y almacenamiento de la variable velocidad promedio
    Velocidad_promedio= mean(Datos(:,Velocidad_km_h));

```

```

Velocidadpromedio=genvarname(['Velocidad Promedio ',num2str(u)]);
eval([Velocidadpromedio,'=Velocidad_promedio']);

%creacion y almacenamiento de la variable pendiente maxima para datos
de GPS y MDT
Pendiente_maxima_GPS=max(Datos(:,Pendiente_rad_GPS));
PendentemaximaGPS=genvarname(['Pendiente Maxima GPS',num2str(u)]);
eval([PendentemaximaGPS,'=Pendiente_maxima_GPS']);
Pendiente_maxima_MDT=max(Datos(:,Pendiente_rad_MDT));
PendentemaximaMDT=genvarname(['Pendiente Maxima MDT',num2str(u)]);
eval([PendentemaximaMDT,'=Pendiente_maxima_MDT']);

%creacion y almacenamiento de la variable velocidad máxima
Velocidad_maxima= max(Datos(:,Velocidad_km_h));
Velocidadmaxima=genvarname(['Velocidad Maxima ',num2str(u)]);
eval([Velocidadmaxima,'=Velocidad_maxima']);

%creacion y almacenamiento de la variable tiempo en ralenti
b=0;
for a=1:length(Datos(:,Tiempo));
    if Datos(a,Velocidad_km_h)<2;
        b=b+1;
    end
end
Tiempo_ralenti=b;
Tiemporalenti=genvarname(['Tiempo en Ralenti ',num2str(u)]);
eval([Tiemporalenti,'=Tiempo_ralenti']);

%creacion y almacenamiento de la variable número de paradas
c=0;
for d=4:length(Datos(:,Tiempo));
    if Datos(d-3,Velocidad_km_h)>2 & Datos(d-2,Velocidad_km_h)<2 &
Datos(d-1,Velocidad_km_h)<2 & Datos(d,Velocidad_km_h)<2 ;
        c=c+1;
    end
end
Numero_paradas=c;
Numeroparadas=genvarname(['Numero de paradas ',num2str(u)]);
eval([Numeroparadas,'=Numero_paradas']);

%creacion y almacenamiento de la variable tiempo total de recorrido
Tiempo_recorrido=length(Datos(:,Tiempo));
Tiemporecorrido=genvarname(['Tiempo recorrido ',num2str(u)]);
eval([Tiemporecorrido,'=Tiempo_recorrido']);

%creacion y almacenamiento de la variable distancia total recorrida
Distancia_recorrida=sum(Datos(:,Espacio));
Distanciarecorrida=genvarname(['Distancia recorrida ',num2str(u)]);
eval([Distanciarecorrida,'=Distancia_recorrida']);

%creacion y almacenamiento de la variable Resistencia a la inercia
promedio, creación de la variable Resistencia a la pendiente
promedio y Fx promedio para datos de GPS y MDT
e=1;
d=1;
c=1;
g=1;
h=1;
for f=1:length(Datos(:,Tiempo));

```

```

    if Datos(f,Aceleracion_m_s_2)>0;
        aceleracionpos(e,2)= Datos(f,Aceleracion_m_s_2);
        Resistenciainerciapos(e,2)=Datos(f,Resistencia_inercia);
        e=e+1;
    end
    if Datos(f,Resistencia_pendiente_GPS)>0;

ResistenciapendienteposGPS(d,2)=Datos(f,Resistencia_pendiente_GPS);
    d=d+1;
    end
    if Datos(f,Resistencia_pendiente_MDT)>0;

ResistenciapendienteposMDT(g,2)=Datos(f,Resistencia_pendiente_MDT);
    g=g+1;
    end
    if Datos(f,Fx_GPS)>0;
        FxposGPS(c,2)=Datos(f,Fx_GPS);
        c=c+1;
    end
    if Datos(f,Fx_MDT)>0;
        FxposMDT(h,2)=Datos(f,Fx_MDT);
        h=h+1;
    end
end

Resistencia_inercia_prom= mean(Resistenciainerciapos(:,2));
Resistenciainerciaprom=genvarname(['Resistencia Inercia Promedio
',num2str(u)]);
eval(['Resistenciainerciaprom, '=Resistencia_inercia_prom']);

%creacion y almacenamiento de la variable Resistencia a la rodadura
promedio para datos de GPS y MDT
Resistencia_rodadura_prom_GPS=
mean(Datos(:,Resistencia_rodadura_GPS));
ResistenciarodadurapromGPS=genvarname(['Resistencia Rodadura
Promedio GPS ',num2str(u)]);
eval(['ResistenciarodadurapromGPS, '=Resistencia_rodadura_prom_GPS']);
Resistencia_rodadura_prom_MDT=
mean(Datos(:,Resistencia_rodadura_MDT));
ResistenciarodadurapromMDT=genvarname(['Resistencia Rodadura
Promedio MDT ',num2str(u)]);
eval(['ResistenciarodadurapromMDT, '=Resistencia_rodadura_prom_MDT']);

%creacion y almacenamiento de la variable Resistencia Aerodinamica
promedio
Resistencia_aerodinamica_prom=
mean(Datos(:,Resistencia_aerodinamica));
Resistenciaaerodinamicaprom=genvarname(['Resistencia Aerodinamica
Promedio ',num2str(u)]);
eval(['Resistenciaaerodinamicaprom, '=Resistencia_aerodinamica_prom'])
;

%almacenamiento de la variable Resistencia a la pendiente promedio
para datos de GPS y MDT
Resistencia_pendiente_prom_GPS=
mean(ResistenciapendienteposGPS(:,2));
ResistenciapendientepromGPS=genvarname(['Resistencia Pendiente
Promedio GPS ',num2str(u)]);
eval(['ResistenciapendientepromGPS, '=Resistencia_pendiente_prom_GPS']
);

```

```

Resistencia_pendiente_prom_MDT=
mean(ResistenciapendienteposMDT(:,2));
ResistenciapendientepromMDT=genvarname(['Resistencia Pendiente
Promedio MDT ',num2str(u)]);
eval(['ResistenciapendientepromMDT, '=Resistencia_pendiente_prom_MDT']
);

%almacenamiento de la variable Fuerza en rueda promedio para datos
de GPS y MDT
Fx_prom_GPS= mean(FxposGPS(:,2));
FxpromGPS=genvarname(['Fuerza Rueda Promedio GPS',num2str(u)]);
eval(['FxpromGPS, '=Fx_prom_GPS']);
Fx_prom_MDT= mean(FxposMDT(:,2));
FxpromMDT=genvarname(['Fuerza Rueda Promedio MDT',num2str(u)]);
eval(['FxpromMDT, '=Fx_prom_MDT']);

%creacion y almacenamiento de la variable aceleración máxima
Aceleracion_maxima= max(aceleracionpos(:,2));
Aceleracionmaxima=genvarname(['Aceleracion Maxima ',num2str(u)]);
eval(['Aceleracionmaxima, '=Aceleracion_maxima']);

%creacion y almacenamiento de la variable tiempo con aceleración
positiva
tiempo_acel_pos= e-1;
tiempoacelpos=genvarname(['Tiempo Aceleracion Positiva
',num2str(u)]);
eval(['tiempoacelpos, '=tiempo_acel_pos']);

%almacenamiento de las variables de interés en una matriz (tabla) de
%resultados para datos asociados al GPS
resultadosGPS(u,1)=Velocidad_promedio;
resultadosGPS(u,2)=Velocidad_maxima;
resultadosGPS(u,3)=Tiempo_ralenti;
resultadosGPS(u,4)=Numero_paradas;
resultadosGPS(u,5)=Tiempo_recorrido;
resultadosGPS(u,6)=Distancia_recorrida;
resultadosGPS(u,7)=Aceleracion_maxima;
resultadosGPS(u,8)=tiempo_acel_pos;
resultadosGPS(u,9)=Resistencia_inercia_prom;
resultadosGPS(u,10)=Resistencia_rodadura_prom_GPS;
resultadosGPS(u,11)=Resistencia_pendiente_prom_GPS;
resultadosGPS(u,12)=Resistencia_aerodinamica_prom;
resultadosGPS(u,13)=Fx_prom_GPS;

%almacenamiento de las variables de interes en una matriz (tabla) de
%resultados para datos asociados al MDT
resultadosMDT(u,1)=Velocidad_promedio;
resultadosMDT(u,2)=Velocidad_maxima;
resultadosMDT(u,3)=Tiempo_ralenti;
resultadosMDT(u,4)=Numero_paradas;
resultadosMDT(u,5)=Tiempo_recorrido;
resultadosMDT(u,6)=Distancia_recorrida;
resultadosMDT(u,7)=Aceleracion_maxima;
resultadosMDT(u,8)=tiempo_acel_pos;
resultadosMDT(u,9)=Resistencia_inercia_prom;
resultadosMDT(u,10)=Resistencia_rodadura_prom_MDT;
resultadosMDT(u,11)=Resistencia_pendiente_prom_MDT;
resultadosMDT(u,12)=Resistencia_aerodinamica_prom;
resultadosMDT(u,13)=Fx_prom_MDT;

```

```
%borrado de valores guardados en variables
clear('FxpromGPS','FxpromMDT','FxposGPS','FxposMDT','Resistenciaaero
dinamicaprom','ResistenciapendienteposGPS','ResistenciapendienteposM
DT'
,'ResistenciarodadurapromGPS','ResistenciarodadurapromMDT','Resisten
ciainerciapos',
'Resistenciainerciaprom','ResistenciapendientepromGPS','Resistenciap
endientepromMDT','e','aceleracionpos','f','m','o','a','b','c','d','u
','g','h','Datos')
end
```

```
%borrado de valores guardados en variables
clear('Fx_prom_GPS','Fx_prom_MDT','Resistencia_aerodinamica_prom','R
esistencia_pendiente_prom_GPS',
'Resistencia_pendiente_prom_MDT','Resistencia_rodadura_prom_GPS','Re
sistencia_rodadura_prom_MDT'
,'Resistencia_inercia_prom','Gravedad','Densidad','Area_frontal','Ma
sa','fr','Cd','Fx_GPS','Fx_MDT','Resistencia_inercia','Resistencia_p
endiente_GPS','Resistencia_pendiente_MDT','Resistencia_rodadura_GPS'
,'Resistencia_rodadura_MDT','Resistencia_aerodinamica','Pendientemax
ima_GPS','Pendiente_maxima_MDT','tiempoacelpos','tiempo_acel_pos','A
celeracionmaxima','Aceleracion_maxima','Aceleracionpromedio','Aceler
acion_promedio','Distanciarecorrida','Distancia_recorrida','Tiempore
corrido','Tiempo_recorrido','Numeroparadas','Numero_paradas',
'Tiempo_ralenti','Tiemporalenti','Velocidadmaxima','Velocidad_maxima
','Ciclo','n','u','Tiempo','Velocidad_km_h','Altura_GPS','Altura_MDT
','Velocidad_m_s','Espacio','Aceleracion_m_s_2','Pendiente_rad_GPS',
'Pendiente_rad_MDT','Velocidad_promedio','Velocidadpromedio')
```

```
%calculo del coeficiente de variación para determinar si el número
de
%muestras es óptimo al comparar la variabilidad de los mismos con
respecto a la media
for g=1:length(resultadosGPS(1,:))
RESULTADOSGPS(g,1)=mean(resultadosGPS(:,g));
RESULTADOSGPS(g,2)=median(resultadosGPS(:,g));
RESULTADOSGPS(g,3)=std(resultadosGPS(:,g));
RESULTADOSGPS(g,4)=RESULTADOSGPS(g,3)/RESULTADOSGPS(g,1);
RESULTADOSGPS(g,5)=RESULTADOSGPS(g,4)*100;
RESULTADOSMDT(g,1)=mean(resultadosMDT(:,g));
RESULTADOSMDT(g,2)=median(resultadosMDT(:,g));
RESULTADOSMDT(g,3)=std(resultadosMDT(:,g));
RESULTADOSMDT(g,4)=RESULTADOSMDT(g,3)/RESULTADOSMDT(g,1);
RESULTADOSMDT(g,5)=RESULTADOSMDT(g,4)*100;
end
```

```
%Determinación del peso relativo de cada variable para el análisis
de
%promedios ponderados
```

```
%normalización de los datos de resultados tanto para MDT como para
GPS
[a,b]=size(resultadosGPS);
[c,d]=size(resultadosMDT);
N_GPS=zscore(resultadosGPS);
N_MDT=zscore(resultadosMDT);
```

```
%obtención de la matriz de variables dependientes e independientes
para
%regresión lineal múltiple.
```

```

X_GPS=[N_GPS(:,1:(b-1))];
X_MDT=[N_MDT(:,1:(d-1))];
Y_GPS=[N_GPS(:,b)];
Y_MDT=[N_MDT(:,d)];

%descomposición de los valores de la matriz de variables
independientes en
%sus valores singulares tanto para GPS como para MDT
[P_GPS,D_GPS,Q_GPS]=svd(X_GPS,0);
[P_MDT,D_MDT,Q_MDT]=svd(X_MDT,0);

%obtención de la matriz Z altamente correlacionada con la matriz X
de
%variables independientes pero sin correlación entre las variables
antes
%mencionadas
Z_GPS=P_GPS*Q_GPS';
Z_MDT=P_MDT*Q_MDT';

%calculo de los coeficientes de regresión lineal multiple para los
datos
%del GPS y MDT
B_GPS=Q_GPS*P_GPS'*Y_GPS;
B_MDT=Q_MDT*P_MDT'*Y_MDT;
clear ('g','b','a','c','d')

%asignación de valores de ponderaciones (Pesos Relativos)

%ponderaciones correspondientes a datos de altura GPS
vpGPS=Pesos(1,1);
vmGPS=Pesos(2,1);
trGPS=Pesos(3,1);
npGPS=Pesos(4,1);
ttGPS=Pesos(5,1);
drGPS=Pesos(6,1);
apmGPS=Pesos(7,1);
tapGPS=Pesos(8,1);
ripGPS=Pesos(9,1);
rrpGPS=Pesos(10,1);
rppGPS=Pesos(11,1);
rapGPS=Pesos(12,1);

%ponderaciones correspondientes a datos de altura MDT
vpMDT=Pesos(1,2);
vmMDT=Pesos(2,2);
trMDT=Pesos(3,2);
npMDT=Pesos(4,2);
ttMDT=Pesos(5,2);
drMDT=Pesos(6,2);
apmMDT=Pesos(7,2);
tapMDT=Pesos(8,2);
ripMDT=Pesos(9,2);
rrpMDT=Pesos(10,2);
rppMDT=Pesos(11,2);
rapMDT=Pesos(12,2);

clc

```

```

%visualización de ponderaciones de datos correspondientes a altura
del GPS
disp('          ')
disp('          ')
disp('Valores de ponderaciones (Pesos Relativos) correspondientes a
datos de altura del GPS')
disp('          ')
disp('          ')
disp('Velocidad Promedio [%]')
disp('          ')
disp(vpGPS)
disp('          ')
disp('velocidad maxima [%]')
disp('          ')
disp(vmGPS)
disp('          ')
disp('tiempo en ralenti [%]')
disp('          ')
disp(trGPS)
disp('          ')
disp('número de paradas [%]')
disp('          ')
disp(npGPS)
disp('          ')
disp('tiempo total del recorrido [%]')
disp('          ')
disp(ttGPS)
disp('          ')
disp('distancia recorrida [%]')
disp('          ')
disp(drGPS)
disp('          ')
disp('aceleración positiva máxima [%]')
disp('          ')
disp(apmGPS)
disp('          ')
disp('tiempo con aceleración positiva [%]')
disp('          ')
disp(tapGPS)
disp('          ')
disp('Resistencia a la inercia promedio [%]')
disp('          ')
disp(ripGPS)
disp('          ')
disp('Resistencia a la rodadura promedio [%]')
disp('          ')
disp(rrpGPS)
disp('          ')
disp('Resistencia a la pendiente promedio GPS [%]')
disp('          ')
disp(rppGPS)
disp('          ')
disp('Resistencia aerodinamica promedio [%]')
disp('          ')
disp(rapGPS)
disp('          ')
%visualización de ponderaciones de datos correspondientes a altura
del MDT
disp('          ')
disp('          ')

```

```

disp('Valores de ponderaciones (Pesos Relativos) correspondientes a
datos de altura del MDT')
disp('          ')
disp('          ')
disp('Velocidad Promedio [%]')
disp('          ')
disp(vpMDT)
disp('          ')
disp('velocidad maxima [%]')
disp('          ')
disp(vmMDT)
disp('          ')
disp('tiempo en ralenti [%]')
disp('          ')
disp(trMDT)
disp('          ')
disp('número de paradas [%]')
disp('          ')
disp(npMDT)
disp('          ')
disp('tiempo total del recorrido [%]')
disp('          ')
disp(ttMDT)
disp('          ')
disp('distancia recorrida [%]')
disp('          ')
disp(drMDT)
disp('          ')
disp('aceleración positiva máxima [%]')
disp('          ')
disp(apmMDT)
disp('          ')
disp('tiempo con aceleración positiva [%]')
disp('          ')
disp(tapMDT)
disp('          ')
disp('Resistencia a la inercia promedio [%]')
disp('          ')
disp(ripMDT)
disp('          ')
disp('Resistencia a la rodadura promedio [%]')
disp('          ')
disp(rrpMDT)
disp('          ')
disp('Resistencia a la pendiente promedio GPS [%]')
disp('          ')
disp(rppMDT)
disp('          ')
disp('Resistencia aerodinamica promedio [%]')
disp('          ')
disp(rapMDT)
disp('          ')

suma_ponderaciones=vpGPS+vmGPS+trGPS+npGPS+ttGPS+drGPS+apmGPS+tapGPS
+ripGPS+rrpGPS+rppGPS+rapGPS;
suma_ponderaciones1=vpMDT+vmMDT+trMDT+npMDT+ttMDT+drMDT+apmMDT+tapMD
T+ripMDT+rrpMDT+rppMDT+rapMDT;
for h=1:length(resultadosGPS(:,1))
    PonderacionGPS(h,1)=abs(((resultadosGPS(h,1)-
RESULTADOSGPS(1,1))/RESULTADOSGPS(1,1))*(vpGPS/suma_ponderaciones));

```

```

    PonderacionGPS (h, 2)=abs(((resultadosGPS (h, 2) -
RESULTADOSGPS (2, 1))/RESULTADOSGPS (2, 1)) * (vmGPS/suma_ponderaciones));
    PonderacionGPS (h, 3)=abs(((resultadosGPS (h, 3) -
RESULTADOSGPS (3, 1))/RESULTADOSGPS (3, 1)) * (trGPS/suma_ponderaciones));
    PonderacionGPS (h, 4)=abs(((resultadosGPS (h, 4) -
RESULTADOSGPS (4, 1))/RESULTADOSGPS (4, 1)) * (npGPS/suma_ponderaciones));
    PonderacionGPS (h, 5)=abs(((resultadosGPS (h, 5) -
RESULTADOSGPS (5, 1))/RESULTADOSGPS (5, 1)) * (ttGPS/suma_ponderaciones));
    PonderacionGPS (h, 6)=abs(((resultadosGPS (h, 6) -
RESULTADOSGPS (6, 1))/RESULTADOSGPS (6, 1)) * (drGPS/suma_ponderaciones));
    PonderacionGPS (h, 7)=abs(((resultadosGPS (h, 7) -
RESULTADOSGPS (7, 1))/RESULTADOSGPS (7, 1)) * (apmGPS/suma_ponderaciones)
);
    PonderacionGPS (h, 8)=abs(((resultadosGPS (h, 8) -
RESULTADOSGPS (8, 1))/RESULTADOSGPS (8, 1)) * (tapGPS/suma_ponderaciones)
);
    PonderacionGPS (h, 9)=abs(((resultadosGPS (h, 9) -
RESULTADOSGPS (9, 1))/RESULTADOSGPS (9, 1)) * (ripGPS/suma_ponderaciones)
);
    PonderacionGPS (h, 10)=abs(((resultadosGPS (h, 10) -
RESULTADOSGPS (10, 1))/RESULTADOSGPS (10, 1)) * (rrpGPS/suma_ponderaciones
));
    PonderacionGPS (h, 11)=abs(((resultadosGPS (h, 11) -
RESULTADOSGPS (11, 1))/RESULTADOSGPS (11, 1)) * (rppGPS/suma_ponderaciones
));
    PonderacionGPS (h, 12)=abs(((resultadosGPS (h, 12) -
RESULTADOSGPS (12, 1))/RESULTADOSGPS (12, 1)) * (rapGPS/suma_ponderaciones
));
    YGPS (h, 1)=sum(PonderacionGPS (h, :));
    PonderacionMDT (h, 1)=abs(((resultadosMDT (h, 1) -
RESULTADOSMDT (1, 2))/RESULTADOSMDT (1, 2)) * (vpMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 2)=abs(((resultadosMDT (h, 2) -
RESULTADOSMDT (2, 2))/RESULTADOSMDT (2, 2)) * (vmMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 3)=abs(((resultadosMDT (h, 3) -
RESULTADOSMDT (3, 2))/RESULTADOSMDT (3, 2)) * (trMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 4)=abs(((resultadosMDT (h, 4) -
RESULTADOSMDT (4, 2))/RESULTADOSMDT (4, 2)) * (npMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 5)=abs(((resultadosMDT (h, 5) -
RESULTADOSMDT (5, 2))/RESULTADOSMDT (5, 2)) * (ttMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 6)=abs(((resultadosMDT (h, 6) -
RESULTADOSMDT (6, 2))/RESULTADOSMDT (6, 2)) * (drMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 7)=abs(((resultadosMDT (h, 7) -
RESULTADOSMDT (7, 2))/RESULTADOSMDT (7, 2)) * (apmMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 8)=abs(((resultadosMDT (h, 8) -
RESULTADOSMDT (8, 2))/RESULTADOSMDT (8, 2)) * (tapMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 9)=abs(((resultadosMDT (h, 9) -
RESULTADOSMDT (9, 2))/RESULTADOSMDT (9, 2)) * (ripMDT/suma_ponderaciones1)
);
    PonderacionMDT (h, 10)=abs(((resultadosMDT (h, 10) -
RESULTADOSMDT (10, 2))/RESULTADOSMDT (10, 2)) * (rrpMDT/suma_ponderaciones
1));

```

```

    PonderacionMDT(h,11)=abs(((resultadosMDT(h,11)-
RESULTADOSMDT(11,2))/RESULTADOSMDT(11,2))*(rppMDT/suma_ponderaciones
1));
    PonderacionMDT(h,12)=abs(((resultadosMDT(h,12)-
RESULTADOSMDT(12,2))/RESULTADOSMDT(12,2))*(rapMDT/suma_ponderaciones
1));
    YMDT(h,1)=sum(PonderacionMDT(h,:));
end
clear h
[i,j]=min(YGPS);
[k,l]=min(YMDT);

pause, clc

ciclo_escogido_GPS=(['Ciclo',num2str(j)])
ciclo_escogido_MDT=(['Ciclo',num2str(l)])
r=eval(ciclo_escogido_GPS);
s=eval(ciclo_escogido_MDT);
subplot(2,1,1);
plot(r(:,1),r(:,2));
title(ciclo_escogido_GPS)
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Velocidad [km/h]')
subplot(2,1,2);
plot(s(:,1),s(:,2));
title(ciclo_escogido_MDT)
xlabel('Tiempo [s]')
ylabel('Velocidad [km/h]')
clear('g','trayecto','k','l','i','j','ciclo_escogido_gps','ciclo_esc
ogido_mdt','r','s','vpGPS','vpMDT','vmGPS','vmMDT','trGPS','trMDT','
npGPS','npMDT','ttGPS','ttMDT','drGPS','drMDT','appGPS','appMDT','ap
mGPS','apmMDT','tapGPS','tapMDT','suma_ponderaciones','suma_ponderac
iones1'
,'ripGPS','ripMDT','rrpGPS','rrpMDT','rppGPS','rppMDT','rapGPS','rap
MDT')

```

## BIBLIOGRAFÍA

- adamschneider.net. (8 de Abril de 2015). *www.gpsvisualizer.com*. Obtenido de Sitio web de visualización de archivos de dispositivos GPS de adamschneider.net: [http://www.gpsvisualizer.com/map?format=google&local\\_input=convert%2F20150408204212-82058-data.gpx&convert\\_format=gpx&show\\_wpt=3](http://www.gpsvisualizer.com/map?format=google&local_input=convert%2F20150408204212-82058-data.gpx&convert_format=gpx&show_wpt=3)
- Agencia Nacional de Tránsito. (6 de Mayo de 2010). *www.ant.gob.ec*. Recuperado el 1 de Enero de 2015, de sitio web de la Agencia Nacional de Tránsito: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-de-transporte/resoluciones-de-vida-util/file/84-resolucin-no-0139-dir-2010-cntttsv>
- Agencia Nacional de Tránsito. (18 de Agosto de 2010). *www.ant.gob.ec/*. Obtenido de sitio web de la Agencia Nacional de Tránsito: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-de-transporte/resoluciones-de-vida-util/file/85-resolucin-no-131-dir-2010-cntttsv>
- Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. (14 de Junio de 2013). *www.ant.gob.ec*. Obtenido de sitio web de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2011-cntttsv/file/459-resolucin-011-dir-2011-cntttsv>
- Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. (29 de Diciembre de 2014). *www.ant.gob.ec*. Recuperado el 17 de Febrero de 2015, de Portal Web de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador - ANT: [http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/SOAT/Nueva\\_Ley\\_transporte\\_terrestre.pdf](http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/SOAT/Nueva_Ley_transporte_terrestre.pdf)
- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club . (10 de Abril de 2013). *www.ecotest.eu*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de sitio web de la prueba Ecotest del Club General del Automóvil de Alemania (ADAC): [http://www.ecotest.eu/html/EcoTest\\_%20Protocol\\_120227\\_EN.pdf](http://www.ecotest.eu/html/EcoTest_%20Protocol_120227_EN.pdf)
- Baculima, J. (9 de Agosto de 2013). Cuenca trata de combatir contaminación de tránsito. *Diario El Mercurio*.
- Bravo, D. (4 de Diciembre de 2014). <http://www.elcomercio.com.ec/>. Obtenido de sitio web del Diario El Comercio: <http://www.elcomercio.com.ec/actualidad/ley-transito-reformada-licencia-velocidad.html>
- Bravo, W. (2015). Breve Historia. *Camino*, 3.

- Cáceres, D. (19 de Marzo de 2014). *www.eltiempo.com.ec/*. Obtenido de sitio web del Diario El Tiempo: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/139516-cerca-de-100-buses-con-nuevos-monederos/>
- Cámara de Transporte de Cuenca. (2015). Breve Historia, Consorcio SIR . *Camino*, 3, 14.
- Cámara de Transporte de Cuenca. (2015). Consorcio SIR Cuenca. *Camino*, 14-15.
- Cámara de Transporte de Cuenca. (2015). Consorcio SIR Cuenca. *Camino*, 14-15.
- Cámara de Transporte de Cuenca. (2105). Consorcio SIR Cuenca. *Camino*, 14-15.
- Cedillo Sanchez, K. (2013). *Determinación de ciclos típicos de conducción*. Toluca: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Consorcio SIR. (2013). *www.sircuenca.com*. Obtenido de sitio web del Consorcio SIR (Sistema Integrado de Recaudo) Cuenca: <http://www.sircuenca.com/index.php/sircuenca1>
- Diario El Mercurio. (11 de Febrero de 2011). *www.elmercurio.com.ec*. Obtenido de sitio web del Diario El mercurio: <http://www.elmercurio.com.ec/269369-realidad-del-transporte-interparroquial/#.VPcpuPnF9uk>
- Dirección Municipal de Tránsito y Transporte de Cuenca . (2014). *Informe # 4 del estudio de "Definición del Sistema Integrado Tarifario de la Red de Transporte Público de Cuenca"*. Cuenca: GAD de Cuenca.
- El Comercio. (21 de Agosto de 2014). *www.elcomercio.com.ec*. Obtenido de sitio web del Diario "El Comercio": <http://www.elcomercio.com.ec/actualidad/evolucion-tarifas-transporte-urbano-1930.html>
- EMOV EP. (16 de Junio de 2015). *www.emov.gob.ec*. Obtenido de sitio web de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV): <http://www.emov.gob.ec/?q=content/monitoreo-permanente-de-la-calidad-de-aire>
- Freire, J. (2015). Recordando. *Camino*, 12.
- Garmin Ltd. . (2015). *buy.garmin.com*. Obtenido de sitio web de compra de equipos de Garmin Ltd en España: <https://buy.garmin.com/es-ES/ES/explorando/descatalogados/gpsmap-60csx/prod310.html>
- Garmin Ltda. (2005). *www.garmin.com/*. Obtenido de Sitio web de Garmin Ltda.: [http://www.garmin.com/garmin/webdav/site/es/users/garmines/public/manual/es/manuales\\_outdoor/GPSmap%2060CSx%20Garmin%20-%20Manual%20de%20usuario.pdf](http://www.garmin.com/garmin/webdav/site/es/users/garmines/public/manual/es/manuales_outdoor/GPSmap%2060CSx%20Garmin%20-%20Manual%20de%20usuario.pdf)

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca. (6 de Abril de 2015). *www.cuenca.gob.ec/*. Obtenido de sitio web del GAD Municipal de Cuenca: <http://www.cuenca.gob.ec/?q=system/files/RECORRIDOLINEASTRANSPO RTEFINAL.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca. (2015). *www.cuenca.gov.ec*. Obtenido de sitio web de la Alcaldía de Cuenca: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/616>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca. (s.f.). *www.cuenca.gov.ec*. Obtenido de sitio web de la Alcaldía de Cuenca: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/616>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca 2014-2030*. Cuenca.
- Gómez de las Heras, B. P. (Septiembre de 2011). *Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Recuperado el 14 de Enero de 2015, de Sitio web de Archivos digitales de la Universidad Politécnica de Madrid: [http://oa.upm.es/9437/2/PFC\\_Borja\\_Pintos\\_Gomez\\_de\\_las\\_Heras.pdf](http://oa.upm.es/9437/2/PFC_Borja_Pintos_Gomez_de_las_Heras.pdf)
- González Pérez, A., & Acevedo, J. M. (27 de Mayo de 2010). *Implantación de Vehículos Eléctricos en el Aunamiento de Vigo*. Vigo: Universidad de Vigo. Departamento de Tecnología Electrónica. Recuperado el 14 de Enero de 2015, de Sitio web de espacios web compartidos de la Universidad de Vigo: [http://webs.uvigo.es/albertogonzalez/archivos/ciclos\\_conduccion.html](http://webs.uvigo.es/albertogonzalez/archivos/ciclos_conduccion.html)
- Google Inc. (2015). *www.google.com.ec/maps*. Obtenido de Sitio web de Google Maps de Ecuador de Google Inc.: <https://www.google.com.ec/maps/@-2.8888397,-78.9735439,396m/data=!3m1!1e3>
- HUNG, H. Y. (2010). *A Framework for Developing Driving Cycles with*. Hong Kong.
- Idea Secundaria. (12 de Agosto de 2013). *ideasecundaria.blogspot.com*. Recuperado el 14 de Enero de 2015, de sitio web de idea secundaria: <http://ideasecundaria.blogspot.com/2013/08/que-son-y-que-demuestran-los-ciclos-de.html>
- Ilustre Municipalidad de Cuenca. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca 2011*. Cuenca.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (12 de Octubre de 2010). *law.resource.org*. Obtenido de sitio web de law.resource.org: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2205.2010.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. Cuenca: GAD cantón Cuenca PDOT 2014.
- Jimenez Alonso, F., López Martínez, J. M., & Román de Andrés, A. (2013). *Determinación de Ciclos de Conducción en Rutas Urbanas Fijas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA).
- Johnson, J. W. (2000). *A Heuristic Method for Estimating the Relative Weight of Predictor Variables in Multiple Regression*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Matute, R. (2015). CTC una empresa que nació grande y sigue en crecimiento. *Camino*, 4.
- Minchala, F. (4 de Agosto de 2014). *www.eltiempo.com.ec*. Obtenido de sitio web del Diario El Tiempo: <http://eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/147183-sin-uso-portabicicletas-en-buses/>
- Quintanilla García, I., Irimia Cervera, J., Berné Valero, J. L., & Fortuny López, P. (s.f.). *GPS vs EGNOS. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRECISIONES CON DIFERENTES RECEPTORES*. Valencia: Dpto. de Ingeniería Cartográfica. Universidad Politécnica de Valencia.
- Redacción Revista Buen Viaje. (Septiembre de 2012). *www.revistabuenviaje.com.ec*. Obtenido de sitio web de Revista Buen Viaje: <http://www.revistabuenviaje.com.ec/seguimientos/ant-transfirió-competencia-a-once-municipios>
- Restrepo, A., Carranza, Y., & Tibaquirá, J. (25 de Octubre de 2007). *Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de Sitio web del Octavo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/vehiculos.html>
- Sanabria Sandí, R. (2012). *Desarrollo y validación de un ciclo de conducción para la ciudad de San José de Costa Rica*. San José: Universidad de Costa Rica. Sistema de Estudios de Posgrado.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (30 de Septiembre de 2002). *www.ant.gob.ec*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de Sitio web de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador: <http://www.aeade.net/web/images/stories/descargas/biblioteca/norma4.pdf>

Terrádez Gurrea, M. (11 de Noviembre de 2002). *www.uoc.edu*. Obtenido de Sitio web de la Universidad Abierta de Cataluña:  
<http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Cluster.pdf>

United Nations Economic Commission for Europe. (29 de Abril de 2005). *www.unece.org*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de sitio web de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa :  
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r101r2e.pdf>

United States Environmental Protection Agency . (s.f.). *www.epa.gov*. Obtenido de sitio web de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos: <http://www.epa.gov/nvfel/methods/eudcdds.gif>

United States Environmental Protection Agency. (6 de Febrero de 2013). *www.epa.gov*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de sitio web de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos:  
<http://www.epa.gov/nvfel/methods/ftpdds.gif>

United States Environmental Protection Agency. (s.f.). *www.epa.gov*. Obtenido de sitio web de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos: <http://www.epa.gov/nvfel/methods/huddsdds.gif>