

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE**

**COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO Y SU  
INFLUENCIA EN EL CONGESTIONAMIENTO”**

**Por:**

**DIEGO FRANCO DELGADO ABAN**

**SEMESTRE II - 2019**

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE  
COMUNICACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO Y  
INFLUENCIA EN EL CONGESTIONAMIENTO”**

**Por:**

**DIEGO FRANCO DELGADO ABAN**

**SEMESTRE II - 2019**

**TARIJA - BOLIVIA**

.....  
Msc. Ing. Ernesto Alvarez Gozalvez.

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Y TECNOLOGÍA**

.....  
Msc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa.

**VICEDECANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
MSc. Ing. Jhonny Orgaz Fernandez.

.....  
Ing. Antonio Calvimontes Calvimontes.

.....  
Ing. Marcelo Segovia Cortez.

**ADVERTENCIA:**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

**DEDICATORIA:**

Este trabajo dedico con todo cariño a mis padres: Segundino y Aurea; por su comprensión, confianza y dedicación que supieron brindarme para alcanzar esta meta de mi vida.

A mis hermanos y toda mi familia quienes confiaron en mí para que concluya este trabajo.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios por sobre todas las cosas; porque fue él, quien con su divina e infinita bondad me dio: los padres que tanto amo y respeto.

A mis amigos y compañeros de la universidad, que me brindaron sus consejos y apoyo incondicional cuando más lo necesitaba.

**PENSAMIENTO:**

“¡NO ENTIERRES TUS  
TALENTOS! ¡NO TENGAS  
MIEDO DE SOÑAR COSAS  
GRANDES!”

JORGE MARIO BERGOGLIO  
(PAPA FRANCISCO.)

## ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Diseño metodológico .....	5
1.5.1. Componentes.....	5
1.5.1.1. Unidad de estudio.....	5
1.5.1.2. Población.....	5
1.5.1.3. Muestra.....	6
1.5.1.4. Muestreo.....	6
1.5.2. Métodos y técnicas empleadas .....	6
1.5.2.1. Técnicas de muestreo .....	7
1.5.2.2. Descripción de los medios e instrumentos .....	8
1.5.2.3. Procedimiento de aplicación .....	11
1.5.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información .....	13
1.5.3.1. Estadística descriptiva.....	13
1.5.4. Alcance del estudio .....	15



**CAPÍTULO II**  
**ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

	Página
2.1. Historia de la evolución de la ingeniería de tráfico.....	17
2.1.1. Aparición de la rueda .....	17
2.1.2. Aparición del automóvil.....	17
2.1.3. Historia y evolución de la ingeniería de tráfico .....	18
2.1.4. Definición de la ingeniería de tráfico.....	20
2.1.5. Problemas de tráfico.....	20
2.1.5.1. Factores que intervienen en el problema de tráfico .....	20
2.1.5.2. Soluciones del problema .....	21
2.1.6. Metodología .....	22
2.2. Elementos fundamentales del tráfico .....	23
2.2.1. Elemento usuario.....	24
2.2.1.1. El peatón.....	24
2.2.1.2. El conductor .....	25
2.2.2. El vehículo .....	29
2.2.2.1. Características del vehículo .....	29
2.2.3. La vialidad o vía.....	32
2.2.3.1. Partes integrantes de una vía .....	33
2.3. Parámetros fundamentales de la ingeniería de tráfico.....	35
2.3.1. Velocidad .....	35
2.3.1.1. Tipos de velocidad .....	37
2.3.1.1.1. Velocidad de punto .....	37
2.3.1.1.2. Velocidad de recorrido total.....	38
2.3.1.1.3. Velocidad de cruce.....	38
2.3.1.1.4. Velocidad directriz o de diseño.....	39
2.3.1.1.5. Estudios de la velocidad.....	39
2.3.2. Volúmenes de tráfico .....	41
2.3.2.1. Definición de volumen de tráfico.....	41
2.3.2.2. Características de volumen .....	43

2.3.2.3. Composición del volumen de tráfico .....	43
2.3.2.4. Estudios de volúmenes de tráfico.....	44
2.3.3. Densidad de tráfico .....	46
2.3.4. Relación entre los tres parámetros básicos.....	46
2.4. Capacidad vehicular .....	48
2.4.1. Análisis de la capacidad .....	48
2.4.2. Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM 2000.....	50
2.5. Nivel de servicio .....	53
2.6. Señalización vial .....	58
2.6.2. Señales .....	58
2.6.2.1. Señalización vertical .....	58
2.6.2.1.1. Señales restrictivas .....	60
2.6.2.1.2. Señales preventivas .....	61
2.6.2.1.3. Señales informativas .....	62
2.6.2.2. Señalización horizontal .....	64
2.6.2.2.1. Marcas en el pavimento .....	64
2.6.2.2.2. Clasificación.....	64
2.6.2.2.3. Significado de formas y colores .....	65
2.7. Semáforos.....	66
2.7.1. Clasificación.....	66
2.7.1.1. Semáforos para tránsito de vehículos .....	68
2.7.1.2. Semáforos para paso de peatones.....	69
2.9. Transporte público y congestionamiento .....	69
2.9.1. Transporte público .....	69
2.9.2. Modalidades del transporte público urbano .....	70
2.9.3. Características funcionales del transporte público.....	73
2.9.3.1. Velocidad .....	73
2.9.3.2. Capacidad.....	74
2.9.3.3. Frecuencia y regularidad .....	76
2.9.3.4. Comodidad .....	76

2.9.3.5. Costo .....	76
2.10. Congestionamiento.....	77
2.10.1. Causas del congestionamiento .....	80
2.10.2. Determinación del congestionamiento mediante un análisis determinístico .....	82
2.10.3. Análisis de intersecciones con semáforo con régimen D / D / 1.....	85
2.11. Influencia del transporte público en el congestionamiento.....	89
2.11.1. Efectos del congestionamiento.....	89
2.11.1.1. Aspecto social .....	90
2.11.1.2. Aspecto económico .....	90
2.11.1.3. Aspecto ambiental.....	91

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN PRACTICA**

	Página
3.1. Ubicación del área de estudio.....	93
3.2. Características del área de estudio .....	94
3.3. Estudio del tráfico en el área de estudio.....	94
3.3.1. Ubicación de los puntos de estudio.....	96
3.3.2. Aforos de volumen.....	99
3.4. Aforos de velocidad de punto de micros en la ciudad de Tarija .....	101
3.4.1. Resultados .....	102
3.5. Aforos de velocidad de recorrido de micros en la ciudad de Tarija.....	122
3.5.1. Tiempos de circulación y distancia recorrida por donde circulan los micros .....	123
3.5.2. Demoras producidas en las calles por donde circulan los micros .....	124
3.5.3. Resultados .....	126
3.6. Aforos de velocidad de cruce de micros en la ciudad de Tarija .....	127
3.6.1. Resultados .....	128
3.7. Capacidad vehicular .....	130
3.7.1. Cálculo de capacidad vehicular calle 15 de Abril - Méndez.....	130
3.7.2. Cálculo de la capacidad calle Domingo Paz - Campero .....	135

3.8. Análisis determinístico en intersecciones con semáforo con régimen D/D/1 .....	142
3.8.1. Calle15 de Abril - Méndez.....	142
3.8.2. Calle Domingo Paz - Campero .....	145
3.9. Análisis de resultados.....	150
3.10. Influencia de la velocidad en el congestionamiento .....	158
3.11. Análisis de alternativas de solución para evitar el congestionamiento .....	164
3.11.1. Redistribución de rutas de líneas del transporte público.....	164
3.11.2. Coordinación de semáforos.....	175
3.11.3. Restricción de estacionamiento.....	175
3.11.4. Restricción de paradas del transporte público.....	176
3.11.5. Restricción vehicular según placas .....	178

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página
4.1. Conclusiones .....	180
4.2. Recomendaciones.....	182

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

**ANEXO I** VELOCIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO

**ANEXO II** VELOCIDAD DE TRANSPORTE PRIVADO

**ANEXO III** VOLÚMENES DEL TRÁFICO

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Cinta métrica.....	8
Figura 1.2 Cronómetro .....	9
Figura 1.3 Planilla de aforo.....	9
Figura 1.4 Tablero de aforo.....	10
Figura 1.5 Análisis de información para el estudio de tráfico .....	11
Figura 2.1 Primeras ruedas.....	17
Figura 2.2 Aparición de los primeros automóviles .....	18
Figura 2.3 Relación entre el número de peatones y el censo de la población.....	25
Figura 2.4 Semáforos peatonales .....	25
Figura 2.5 Partes integrantes de una vía.....	35
Figura 2.6 Técnicas manuales y automáticas de aforos vehiculares .....	46
Figura 2.7 Relación entre los tres parámetros básicos .....	47
Figura 2.8 Abaco del manual de ingeniería de tránsito.....	50
Figura 2.9 Nivel de servicio A .....	54
Figura 2.10 Nivel de servicio B .....	54
Figura 2.11 Nivel de servicio C .....	55
Figura 2.12 Nivel de servicio D .....	56
Figura 2.13 Nivel de servicio E.....	56
Figura 2.14 Nivel de servicio F.....	57
Figura 2.15 Forma y color de señal restrictiva.....	59
Figura 2.16 Forma y color de señal preventiva.....	59
Figura 2.17 Forma y color de señal informativa .....	60
Figura 2.18 Señales restrictivas.....	61
Figura 2.19 Señales preventivas.....	62
Figura 2.20 Señales informativas .....	63
Figura 2.21 Ejemplo de señal horizontal.....	66
Figura 2.22 Tipos de semáforos .....	67
Figura 2.23 Semáforo para paso de peatones .....	69
Figura 2.24 Modalidad de micro.....	71

Figura 2.25 Modalidad de taxi trufi .....	72
Figura 2.26 Modalidad de taxi .....	73
Figura 2.27 Números de asientos de micros .....	74
Figura 2.28 Números de asientos de taxi trufi .....	75
Figura 2.29 Congestionamiento vehicular .....	78
Figura 2.30 Desorden vehicular .....	82
Figura 2.31 Sistema de filas de espera .....	83
Figura 3.32 Relación entre velocidad y congestionamiento .....	92
Figura 3.1 Vista de la ciudad de Tarija .....	93
Figura 3.2 Ubicación de los puntos de estudio de la cooperativa Virgen de Chaguaya.....	97
Figura 3.3 Ubicación de los puntos de estudio de la cooperativa Tarija.....	97
Figura 3.4 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato Luis de Fuentes.....	98
Figura 3.5 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato La Tablada.....	98
Figura 3.6 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato del taxi trufi .....	99
Figura 3.7 Horas pico de los aforos en la Av. Panamericana y Salomón Benítez .....	100
Figura 3.8 Intersección Colón - 15 de Agosto .....	102
Figura 3.9 Intersección Colón - Santa Bernadita .....	103
Figura 3.10 Intersección Domingo Paz - Juan Misael Saracho .....	103
Figura 3.11 Intersección General Trigo - Miraflores .....	104
Figura 3.12 Intersección Av. Panamericana - 15 de Septiembre .....	105
Figura 3.13 Intersección Av. Panamericana - Salomón Benítez.....	105
Figura 3.14 Intersección Domingo Paz - Santa cruz.....	106
Figura 3.15 Intersección 15 de abril - Méndez .....	107
Figura 3.16 Intersección Av. Baldivieso - Carapari.....	107
Figura 3.17 Intersección Av. Belgrano - Padilla.....	108
Figura 3.18 Intersección Porvenir - Av. Font .....	109
Figura 3.19 Intersección Av. La Paz -Delfín Pino .....	109
Figura 3.20 Intersección Domingo Paz - Balliviàn.....	110
Figura 3.21 Intersección Domingo Paz - Suipacha.....	111
Figura 3.22 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho .....	111

Figura 3.23 Intersección Av. Floilan Tejerina - José Catoira .....	112
Figura 3.24 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo .....	113
Figura 3.25 Intersección Av. Belgrano - Federico Ávila .....	113
Figura 3.26 Intersección Colon - Montellanos.....	114
Figura 3.27 Intersección Domingo Paz - Campero .....	115
Figura 3.28 Intersección Ernesto Trigo - J. Echazu .....	115
Figura 3.29 Intersección General Trigo - 26 de Mayo.....	116
Figura 3.30 Intersección O'connor - Oruro.....	117
Figura 3.31 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha .....	117
Figura 3.32 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz .....	118
Figura 3.33 Intersección O'connor - Avaroa .....	119
Figura 3.34 Intersección Av. Circunvalación - Suipacha .....	119
Figura 3.35 Intersección Av. Circunvalación - La Patria.....	120
Figura 3.36 Intersección Av. Circunvalación - Itaú.....	121
Figura 3.37 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - 6 de Junio .....	121
Figura 3.38 Intersección 15 de Abril - Méndez .....	131
Figura 3.39 Abaco para calcular la capacidad teórica.....	131
Figura 3.40 Abaco para calcular la capacidad teórica.....	133
Figura 3.41 Intersección Domingo Paz - Campero .....	135
Figura 3.42 Abaco para calcular la capacidad teórica .....	136
Figura 3.43 Abaco para calcular la capacidad teórica.....	138
Figura 3.44 Abaco para calcular la capacidad teórica.....	140
Figura 3.45 Velocidad en los 30 puntos aforados del transporte público .....	150
Figura 3.46 Velocidad en los 30 puntos aforados del transporte privado.....	151
Figura 3.47 Velocidad de recorrido total de micros.....	152
Figura 3.48 Velocidad de cruceo .....	153
Figura 3.49 Porcentaje de demoras de la línea A.....	154
Figura 3.50 Porcentaje de demoras de la línea F .....	155
Figura 3.51 Porcentaje de demoras de la línea Z .....	155
Figura 3.52 Porcentaje de demoras de la línea 7.....	156
Figura 3.53 Velocidad de recorrido total .....	163

Figura 3.54 Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija .....	165
Figura 3.55 Rutas de los micros de cooperativa Virgen de Chaguaya.....	166
Figura 3.56 Rutas de los micros de cooperativa Tarija.....	166
Figura 3.57 Rutas de los micros de sindicato Luis de Fuentes .....	167
Figura 3.58 Rutas de los micros de sindicato La tablada.....	167
Figura 3.59 Intersección más crítica de micros de sur a norte .....	168
Figura 3.60 Reducción de las líneas de micros de sur a norte .....	169
Figura 3.61 Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija .....	170
Figura 3.62 Rutas de los micros de cooperativa Virgen de Chaguaya .....	171
Figura 3.63 Rutas de los micros de cooperativa Tarija.....	171
Figura 3.64 Rutas de los micros de sindicato Luis de fuentes .....	172
Figura 3.65 Rutas de los micros de sindicato La Tablada.....	172
Figura 3.66 Intersección más crítica de micros de norte a sur .....	173
Figura 3.67 Reducción de las líneas de micros de norte a sur .....	174
Figura 3.68 Paradas de micros en el centro de la ciudad .....	176
Figura 3.69 Restricción por placas.....	178
Figura 3.70 Delimitación de área de restricción por placas .....	179

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Dimensiones de automóviles .....	31
Tabla 2.2 Dimensiones de camiones.....	31
Tabla 2.3 Dimensiones de autobuses .....	31
Tabla 2.4 Nivel de servicio .....	57
Tabla 2.5 Asociaciones de sindicatos de micros en la ciudad de Tarija .....	71
Tabla 2.6 Asociaciones de taxi trufis en la ciudad de Tarija .....	72
Tabla 2.7 Datos necesarios.....	86
Tabla 3.1 Puntos de estudio .....	96
Tabla 3.2 Resumen horario de volúmenes .....	100
Tabla 3.3 Intersección Colon - 15 de abril.....	102
Tabla 3.4 Intersección Colón - Santa Bernadita.....	102



Tabla 3.5 Intersección Domingo Paz - Juan Misael Saracho.....	103
Tabla 3.6 Intersección General Trigo - Miraflores .....	104
Tabla 3.7 Intersección Av. Panamericana - 15 de Septiembre .....	104
Tabla 3.8 Intersección Av. Panamericana - Salomón Benítez .....	105
Tabla 3.9 Intersección Domingo Paz - Santa cruz .....	106
Tabla 3.10 Intersección 15 de abril - Méndez.....	106
Tabla 3.11 Intersección Av. Baldivieso - Carapari .....	107
Tabla 3.12 Intersección Av. Belgrano - Padilla .....	108
Tabla 3.13 Intersección Porvenir - Av. Font.....	108
Tabla 3.14 Intersección Av. La Paz - Delfín Pino .....	109
Tabla 3.15 Intersección Domingo Paz - Balliviàn .....	110
Tabla 3.16 Intersección Domingo Paz - Suipacha .....	110
Tabla 3.17 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho .....	111
Tabla 3.18 Intersección Av. Floilan Tejerina - José Catoira.....	112
Tabla 3.19 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo.....	112
Tabla 3.20 Intersección Av. Belgrano - Federico Ávila .....	113
Tabla 3.21 Intersección Colon-Montellanos .....	114
Tabla 3.22 Intersección Domingo Paz - Campero .....	114
Tabla 3.23 Intersección Ernesto Trigo - J. Echazu .....	115
Tabla 3.24 Intersección General Trigo - 26 de Mayo .....	116
Tabla 3.25 Intersección O'connor - Oruro.....	116
Tabla 3.26 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha .....	117
Tabla 3.27 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz .....	118
Tabla 3.28 Intersección O'connor - Avaroa.....	118
Tabla 3.29 Intersección Av. Circunvalación - Suipacha.....	119
Tabla 3.30 Intersección Av. Circunvalación - La Patria.....	120
Tabla 3.31 Intersección Av. Circunvalación - Itaú .....	120
Tabla 3.32 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - 6 de Junio.....	121
Tabla 3.33 Tiempo y distancia de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya.....	123
Tabla 3.34 Tiempo y distancia de los micros de la cooperativa Tarija.....	123

Tabla 3.35 Tiempo de demoras de los micros del sindicato Luis de Fuentes.....	123
Tabla 3.36 Tiempo y distancia de los micros del sindicato La Tablada .....	124
Tabla 3.37 Tiempo de demoras de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya.....	124
Tabla 3.38 Tiempo de demoras de los micros de la cooperativa Tarija.....	125
Tabla 3.39 Tiempo de demoras de los micros del sindicato Luis de Fuentes.....	125
Tabla 3.40 Tiempo de demoras de los micros del sindicato La Tablada .....	125
Tabla 3.41 Tiempo de demoras de los micros del sindicato La Tablada .....	126
Tabla 3.42 Velocidad de recorrido de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya.....	126
Tabla 3.43 Velocidad de recorrido de los micros de la cooperativa Tarija.....	126
Tabla 3.44 Velocidad de recorrido de los micros del sindicato Luis de Fuentes.....	126
Tabla 3.45 Velocidad de recorrido de los micros del sindicato La Tablada .....	127
Tabla 3.46 Velocidad crucero de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya.....	128
Tabla 3.47 Velocidad crucero de los micros de la cooperativa Tarija .....	128
Tabla 3.48 Velocidad crucero de los micros del sindicato Luis de Fuentes .....	128
Tabla 3.49 Velocidad crucero de los micros del sindicato La Tablada .....	129
Tabla 3.50 Datos de entrada para el análisis determinístico .....	142
Tabla 3.51 Datos de entrada para el análisis determinístico .....	143
Tabla 3.52 Datos de entrada para el análisis determinístico .....	145
Tabla 3.53 Datos de entrada para el análisis determinístico .....	146
Tabla 3.54 Datos de entrada para el análisis determinístico .....	148
Tabla 3.55 Tiempo de demoras de la línea A .....	154
Tabla 3.56 Tiempo de demoras de la línea F .....	154
Tabla 3.57 Tiempo de demoras de la línea Z.....	155
Tabla 3.58 Tiempo de demoras de la línea 7 .....	156
Tabla 3.59 Demora promedio de transito por ciclo .....	157
Tabla 3.60 Demora promedio de transito por ciclo .....	157
Tabla 3.61 Resumen de velocidades .....	158
Tabla 3.62 Congestión en vías de circulación continua.....	160

Tabla 3.63 Congestión de circulación en vías discontinuas.....	161
Tabla 3.64 No existe congestionamiento .....	162
Tabla 3.65 Últimos números de placa restringidos .....	178
Tabla 3.66 Placas restringidas .....	178