

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LA GEOMETRÍA Y CAPACIDAD VEHICULAR EN LAS
CALLES DE LA CIUDAD DE TARIJA PARA SU ADAPTACIÓN AL
TRANSPORTE MASIVO”**

Por:

DAVID GUSTAVO CHAMBI OÑA

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTONAMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de la Licenciatura en Ingeniería Civil.

GESTIÓN 2020
TARIJA-BOLIVIA

V °B°

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
ING. JHONNY ORGAZ FERNÁNDEZ

.....
ING. OSCAR CHÁVEZ CALLA

.....
ING. MABEL ZAMBRANA VELASCO

DEDICATORIAS

El presente proyecto está dedicado en primer lugar a Dios por brindarme el regalo de la vida y darme las fuerzas para poder alcanzar esta primera meta propuesta en la vida, y por darme las fuerzas en los momentos difíciles.

A mis padres; David Chambi Choquevillca y Elizabeth Oña, por todo su apoyo y el sacrificio que asieron para que pudiera concluir con mis estudios, además de ser ejemplos de superación y perseverancia en la vida.

A mi hermano; Robert Chambi que siempre estuvo ahí para aconsejarme y apoyarme incondicionalmente en los momentos difíciles.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN AL DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Pág.
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Diseño metodológico.....	4
1.5.1. Unidades de estudio.....	4
1.5.2. Población.....	5
1.5.3. Muestra.....	5
1.6. Método y técnicas empleadas.....	5
1.6.1. Técnicas de muestreo.....	6
1.6.2. Procedimiento de aplicación.....	9
1.6.3. Ubicación del área de estudio.....	10
1.6.4. Preparación previa para la aplicación de instrumento, requisitos y condiciones para la aplicación.....	10
1.6.5. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.....	11
1.7. Alcance del proyecto.....	12

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE CAPACIDAD VEHICULAR Y TRANSPORTE PÚBLICO

Pág.		
2.1.	Elementos fundamentales del tráfico.....	14
2.1.1.	Características de los vehículos.....	14
2.1.2.	Características de los usuarios.....	15
2.1.3.	La vía.....	16
2.2.	Tipos de calles urbanas.....	17
2.2.1.	Vías urbanas.....	17
2.2.2.	Vías interurbanas.....	19
2.3.	Características de las vías urbanas.....	19
2.3.1.	La calle.....	20
2.3.2.	Aceras.....	21
2.3.3.	Bordillos.....	22
2.4.	Parámetros fundamentales.....	22
2.4.1.	Volumen e intensidad.....	22
2.4.2.	Intensidad.....	23
2.4.3.	Velocidad.....	24
2.4.4.	Densidad.....	25
2.5.	Analizar la infraestructura del proyecto.....	26
2.5.1.	Carriles.....	26
2.5.2.	Radios de giro.....	30
2.6.	Capacidad vial.....	30
2.6.1.	Importancia de la capacidad.....	32

2.6.2.	Factores que condicionan la capacidad.....	32
2.6.3.	Factores que dependen del tráfico.....	32
2.6.4.	Composición de tránsito.....	32
2.6.5.	Variaciones del tránsito.....	33
2.6.6.	Distribución de tránsito entre calles.....	33
2.6.7.	Control de tránsito.....	34
2.7.	Nivel de servicio.....	34
2.7.1.	Definición de niveles de servicios.....	34
2.7.2.	Importancia del nivel de servicio.....	39
2.7.3.	Factores que afectan el nivel de servicio.....	39
2.7.4.	Condiciones prevalecientes.....	39
2.7.5.	Condiciones prevalecientes del tránsito.....	39
2.7.6.	Condiciones prevalecientes de la calle.....	40
2.7.7.	Condiciones prevalecientes del semáforo.....	40
2.8.	Introducción al ámbito de la aplicación HCM 1985.....	40
2.9.	Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio.....	41
2.10.	Metodología para la determinación de la capacidad y nivel de servicio.....	41
2.11.	Características de la operación del nivel de servicio HCM 1985.....	44
2.12.	Procedimiento de la HCM 1985.....	46
2.12.1.	Módulo de entrada.....	46
2.12.2.	Módulo de flujo de saturación.....	48
2.12.3.	Módulo de capacidad y nivel de servicio para intersecciones sin semaforización.....	53
2.12.4.	Módulo de capacidad y nivel de servicio para intersecciones con semaforización.....	53

2.13.	Consideraciones generales de transporte urbano.....	56
2.14.	Principio de transporte urbano.....	57
2.15.	Clasificación de transporte.....	57
2.15.1.	Por el servicio de transporte que prestan.....	57
2.15.2.	Según el volumen de viajes que maneja.....	58
2.15.3.	Por el tipo de derecho de vía.....	58
2.15.4.	Por el tipo de tecnología.....	58
2.15.5.	Por el tipo de servicio.....	59
2.16.	Componentes físicos de los sistemas de transporte.....	60
2.17.	Transporte masivo urbano.....	61
2.18.	Estudios de transporte.....	62
2.18.1.	Recopilación de información.....	62
2.18.2.	Información general.....	63
2.18.3.	Información sobre la demanda de transporte.....	63
2.19.	Proceso de selección de vehiculos de transporte público.....	63
2.19.1.	Clasificación de vehiculos del transporte público.....	63
2.19.2.	Analizar la demanda de pasajeros para identificar el tipo de tecnología.....	64
2.19.3.	Definir la oferta del servicio del proyecto.....	67
2.19.4.	Definir la calidad del servicio al usuario.....	70

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Pág.	
3.1.	Ubicación del proyecto.....	73
3.2.	Ubicación de los puntos de estudio.....	74
3.3.	Recopilación y proceso de datos en el área del proyecto.....	85

3.3.1. Aforo de volúmenes.....	85
3.4. Determinación de la capacidad y nivel de servicio utilizando el metodo HCM 1985.....	97
3.5. Determinación del bus para el transporte masivo.....	167
3.6. Geometría de las calles.....	174
3.7. Justificación de las rutas propuestas para el transporte masivo.....	180
3.8. Análisis de resultados.....	184

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1. Conclusiones.....	190
4.2. Recomendaciones.....	191

Bibliografía

ANEXO

ANEXO I Aforos vehiculares

ANEXO II Aforo de paradas de vehículos

ANEXO III Pasajeros max/hora

ANEXO IV Pasajeros del centro de la ciudad

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Distritos de la ciudad de Tarija.....	6
Figura 1.2 Cámara fotográfica.....	7
Figura 1.3 Tabla de venesta.....	7
Figura 1.4 Cronometro.....	7
Figura 1.5 Cinta métrica.....	8
Figura 1.6 Calculadora.....	8
Figura 1.7 Computadora.....	8
Figura 2.1 El usuario, el vehículo y la vía.....	14
Figura 2.2 Carril de transito mixto.....	26
Figura 2.3 Carril de tránsito prioritario.....	27
Figura 2.4 Carril exclusivo o confinado.....	27
Figura 2.5 Carril confinado con rebase en estaciones en Guadalajara, México.....	28
Figura 2.6 Carril confinado con rebase en estaciones en Medellín, Colombia.....	29
Figura 2.7 Carril confinado con rebase en estaciones.....	29
Figura 2.8 Nivel de servicio A.....	35
Figura 2.9 Nivel de servicio B.....	36
Figura 2.10 Nivel de servicio C.....	36
Figura 2.11 Nivel de servicio D.....	37
Figura 2.12 Nivel de servicio E.....	38
Figura 2.13 Nivel de servicio F.....	38
Figura 2.14 Procedimiento de análisis operacional manual HCM-1985.....	42
Figura 2.15 Datos necesarios de entrada para análisis del HCM-1985.....	43
Figura 2.16 Tipologías de vehículos de transporte.....	64
Figura 2.17 Ejemplo de polígono de carga (punto de máxima carga).....	65
Figura 2.18 Tecnologías a emplear de acuerdo con el volumen de pasajeros.....	66
Figura 2.19 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda.....	66
Figura 2.20 Descripción de intervalos de vehículos.....	68
Figura 3.1 Puntos de estudio.....	74
Figura 3.2 Intersección Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina.....	104

Figura 3.3 Intersección Av. Circunvalación y calle Mejillones.....	106
Figura 3.4 Intersección Av. Circunvalación y calle Colón.....	108
Figura 3.5 Intersección Av. Circunvalación y Av. Julio Delio Echazú.....	110
Figura 3.6 Intersección Av. Julio Delio Echazú.....	112
Figura 3.7 Intersección Av. Panamericana y calle Cochabamba.....	114
Figura 3.8 Intersección Av. Las Américas y calle 15 de Abril.....	116
Figura 3.9 Intersección Av. Las Américas y calle Sucre.....	118
Figura 3.10 Intersección Av. las Américas y calle Padilla.....	120
Figura 3.11 Intersección Av. Jaime Paz Zamora y calle Alto de la Alianza.....	122
Figura 3.12 Intersección Av. Sauces y puente Bicentenario.....	124
Figura 3.13 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre.....	126
Figura 3.14 Intersección calle Virginio Lema y calle Colón.....	128
Figura 3.15 Intersección calle Ingavi y calle Colón.....	130
Figura 3.16 Intersección calle Bolívar y calle Colón.....	132
Figura 3.17 Intersección calle Corrado y calle Colón.....	134
Figura 3.18 Intersección Av. Circunvalación y calle Chamas.....	136
Figura 3.19 Intersección calle Núñez del Prado y calle Ballivián.....	138
Figura 3.20 Intersección calle Cochabamba y calle Dámaso Aguirre.....	140
Figura 3.21 Intersección calle 15 de abril y calle Juan Misael Saracho.....	142
Figura 3.22 Intersección calle Cochabamba y calle General Trigo.....	144
Figura 3.23 Intersección calle Cochabamba y calle Daniel Campos.....	146
Figura 3.24 Intersección calle Cochabamba y calle Colón.....	148
Figura 3.25 Intersección Av. Potosí y Av. La Paz.....	150
Figura 3.26 Intersección Av. Potosí y Av. Junín.....	152
Figura 3.27 Intersección calle Bolívar y calle O’conor.....	154
Figura 3.28 Intersección calle Bolívar y calle Colón.....	156
Figura 3.29 Intersección calle Bolívar y calle Daniel Campos.....	158
Figura 3.30 Intersección calle Bolívar y calle General Trigo.....	160
Figura 3.31 Intersección calle Bolívar y calle Campero.....	162
Figura 3.32 Tecnologías en sistemas de transporte público para la línea roja.....	168

Figura 3.33 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda para la línea roja.....	168
Figura 3.34 Bus International 3300 CE.....	170
Figura 3.35 Características técnicas del bus International 3300 CE.....	170
Figura 3.36 Tecnologías en sistemas de transporte público para la línea amarilla y verde.....	171
Figura 3.37 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda para la línea amarilla y verde.....	172
Figura 3.38 Bus International 4700 SCD.....	174
Figura 3.39 Características técnicas del bus International 4700 SCD.....	174
Figura 3.40 Intersección calle Bolívar y calle Ingavi.....	175
Figura 3.41 Plaza Uriondo.....	176
Figura 3.42 Intersección Av. Potosí y Av. Los Membrillos.....	176
Figura 3.43 Intersección Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú.....	177
Figura 3.44 Intersección calle Bolívar y Av. Los Membrillos.....	177
Figura 3.45 Intersección calle Mejillones y calle Pando.....	178
Figura 3.46 Intersección calle Dámaso Aguirre y Fray Manuel Mingo.....	179
Figura 3.47 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea roja.....	181
Figura 3.48 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea amarilla.....	182
Figura 3.49 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea verde.....	184

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 3.1 Departamento de Tarija.....	73
Cuadro 3.2 Aforo de las horas pico acceso-1 AV. Circunvalación.....	85
Cuadro 3.3 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea roja.....	185
Cuadro 3.4 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea amarilla.....	187
Cuadro 3.5 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea verde.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Radios de giro según tipo de vehículo	30
Tabla 2.2 Nivel de servicio HCM 1985 intersecciones con semaforización.....	45
Tabla 2.3 Nivel de servicio HCM 1985 intersección sin semaforización.....	45
Tabla 2.4 Factor por carril de utilización manual HCM 1985.....	47
Tabla 2.5 Factor de ajuste por ancho de carril manual HCM 1985.....	49
Tabla 2.6 Factor de ajuste por vehículos pesados (Fhv) manual HCM 1985.....	50
Tabla 2.7 Factor de ajuste por tipo de área fa manual HCM 1985.....	52
Tabla 3.1 Promedios finales de aforo de volúmenes por accesos.....	87
Tabla 3.2 Promedio finales de % de giro izquierdo y derecho.....	89
Tabla 3.3 Promedios finales de % de vehículos pesados.....	92
Tabla 3.4 Promedios finales de vehículos que paran (parada/h.)	94
Tabla 3.5 Capacidad y N.S. para los accesos de las intersecciones HCM 1985.....	164
Tabla 3.6 Pasajeros 2010.....	167
Tabla 3.7 Pasajeros 2019.....	167
Tabla 3.8 Cálculo de capacidad, frecuencias e intervalo resultantes.....	169
Tabla 3.9 Cálculo de capacidad ofrecida, ocupación vehicular y asientos ofertados....	169
Tabla 3.10 Cálculo de capacidad, frecuencias e intervalo resultantes.....	172
Tabla 3.11 Cálculo de capacidad de ofrecida, ocupación vehicular y asientos.....	173
Tabla 3.12 Radios de giros de las intersecciones.....	180
Tabla 3.13 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea roja.....	185
Tabla 3.14 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea amarilla.....	186
Tabla 3.15 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea verde.....	187
Tabla 3.16 Comparación de radios de giro.....	188

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 3.1 Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación.....	75
Fotografía 3.2 Calle Mejillones y Av. Circunvalación.....	76
Fotografía 3.3 Calle Colón y Av. Circunvalación.....	76
Fotografía 3.4 Av. Gran Chaco y Av. Circunvalación.....	76
Fotografía 3.5 Av. Julio Delio Echazú y Av. Jaime paz Zamora.....	77
Fotografía 3.6 Av. Panamericana y Calle Cochabamba.....	77
Fotografía 3.7 Av. Las Américas y Calle 15 de Abril.....	77
Fotografía 3.8 Av. Las Américas y Calle Sucre.....	78
Fotografía 3.9 Av. Las Américas y Calle Padilla.....	78
Fotografía 3.10 Av. Jaime Paz Zamora y Av. Alto de la Alianza.....	78
Fotografía 3.11 Puente Bicentenario.....	79
Fotografía 3.12 AV. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre.....	79
Fotografía 3.13 Calle Colón y calle Virginio Lema.....	79
Fotografía 3.14 Calle Colón y calle Ingavi.....	80
Fotografía 3.15 Calle Colón y calle Bolívar.....	80
Fotografía 3.16 Calle Colón y calle Corrado.....	80
Fotografía 3.17 Calle Chamas y Av. Circunvalación.....	81
Fotografía 3.18 Calle Núñez del Prado y calle Ballivián.....	81
Fotografía 3.19 Calle Dámaso Aguirre y calle Cochabamba.....	81
Fotografía 3.20 Calle Juan Misael Saracho y calle 15 de Abril.....	82
Fotografía 3.21 Calle Cochabamba y calle General trigo.....	82
Fotografía 3.22 Calle Cochabamba y calle Daniel Campos.....	82
Fotografía 3.23 Calle Cochabamba y calle Colón.....	83
Fotografía 3.24 Av. Potosí y Av. La Paz.....	83
Fotografía 3.25 Av. La Paz y Av. Junín.....	83
Fotografía 3.26 Calle Bolívar y calle O'conor.....	84
Fotografía 3.27 Calle Bolívar y calle Daniel Campos.....	84
Fotografía 3.28 Calle Bolívar y calle General Trigo.....	84
Fotografía 3.29 Calle Bolívar y calle Campero.....	85

Fotografía 3.30 Aforo de la calle Bolívar y calle Colón.....	86
Fotografía 3.31 Intersección calle Bolívar y calle Ingavi.....	175
Fotografía 3.32 Calle Bolívar y Av. Los Membrillos.....	178