

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y DE VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA ZONA DE LA AVENIDA
SAN MARTIN Y AVENIDA BOLIVIA, EN LA CIUDAD DE
YACUIBA”**

Por:

YONNY AGUIRRE OQUENDO

Trabajo de grado presentado a consideración de la **“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en ingeniería civil

Semestre II - 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, el creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando estaba punto de rendirme.

De igual forma, a mis padres Hugo Aguirre y Amalia Oquendo, a quienes le debo la vida, por el cariño, la comprensión, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mis hermanas, María, Fanny, Marlene, Elizabeth que siempre estuvieron para brindarme su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1 Situación problemática	3
1.3.2 Formulación del Problema	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN.....	5

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS COMPONENTES

	Página
2.1 DEFINICIÓN DE TRÁFICO	8
2.1.1 Características del transito.....	8
2.1.2 Planificación vial.....	8
2.2 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO	9
2.2.1 Elemento usuario.....	9

2.2.2 Vehículo	10
2.2.3 Vía	11
2.3 INGENIERÍA DE TRÁFICO	11
2.3.1 Volumen de transito	11
2.3.2 Velocidad.....	16
2.4 DIAGRAMA FUNDAMENTAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO	20
2.5 PROBLEMAS DEL TRÁFICO VEHICULAR.....	22
2.5.1 Bases de solución al problema del trafico	22
2.5.2 Soluciones al problema del trafico	24
2.6 CAPACIDAD VEHICULAR Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES	25
2.6.1 Capacidad básica	26
2.6.2 Capacidad práctica	26
2.6.3 Método de determinación de capacidad vehicular (MÉTODO HCM)	30
2.7 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN VÍAS ININTERRUMPIDAS	31
2.7.1 Capacidad	31
2.7.2 Nivel de servicio y parámetros que lo describen.....	31
2.7.3 Variables relativas de la vía.....	33
2.7.4 Método para el cálculo de la capacidad.....	34
2.7.5 Método para el cálculo del nivel de servicio	39
2.8 SEÑALIZACIÓN.....	44
2.8.1 Señalización Horizontal	44
2.8.2 Señalización Vertical.....	47
2.9 SEMAFORIZACIÓN.....	54
2.9.1 Semáforos para el control del tránsito de vehículos.....	54

2.9.2 Semáforos para paso peatonales.....	54
2.9.3 Semáforos especiales.....	54
2.10 DISEÑO DE LOS TIEMPOS DE FASE	55
2.10.1 Intervalo de cambio de fase.....	55
2.10.2 Longitud de ciclo.....	56
2.10.3 Vehículos equivalentes.....	56
2.10.4 Flujo de saturación y tiempo perdido	58
2.10.5 Asignación de tiempos verdes.....	58
2.11 ESTACIONAMIENTOS.....	60
2.11.1 Tipos de estacionamiento	60
2.11.2 Oferta y demanda	61
2.11.3 Oferta y demanda	61

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO METODOLÓGICO	65
3.1.1 Componentes.....	65
3.1.2 Métodos y Técnicas Empleadas	65
3.1.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.....	67
3.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	72
3.3 AFORO VEHICULAR.....	75
3.3.1 Determinación de la hora pico.....	75
3.3.2 Análisis de datos.....	77

3.3.3 Resumen de volumen vehicular	79
3.4 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES DE TRÁFICO	92
3.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD.....	92
3.5.1 Velocidad de punto.....	92
3.5.2 Método de medición.....	93
3.5.3 Resumen de la velocidad de punto	96
3.5.4 Velocidad de recorrido total.....	96
3.6 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	97
3.6.1 Capacidad y nivel de servicio en vías interrumpidas	97
3.6.2 Ejemplo de cálculo método HCM.....	98
3.6.3 Cuadro de resultados de capacidad y nivel de servicio	106
3.6.4 Capacidad y nivel de servicio en vías ininterrumpidas	111
3.7 SEMAFORIZACIÓN.....	129
3.7.1 Diseño de tiempos de verde y ciclo en intersecciones sin semáforo.....	129
3.7.2 Resumen del cálculo de los tiempos de ciclo y tiempos verdes de todas las intersecciones.....	137
3.7.3 Diseño de tiempos semafóricos teóricos en intersecciones con semáforos	147
3.8 ESTACIONAMIENTO	156
3.8.1 Identificación de zonas más concurridas para el estacionamiento	156
3.8.2 Aforo de estacionamientos	159
3.8.3 Ejemplo de cálculo del índice de ocupación y duración media del estacionamiento.....	161

3.8.4 Resumen del cálculo de la demanda y oferta de los diferentes tramos.....	163
--	-----

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

	Página
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE VELOCIDAD DE PUNTO.....	166
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADO CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	168
4.2.1 Comparación de la capacidad y nivel de servicio de vías interrumpidas e ininterrumpidas en tramos críticos.....	171
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SEÑALIZACIÓN.....	173
4.3.1 Señalamiento horizontal	174
4.3.2 Señalamiento Vertical	175
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SEMAFORIZACIÓN.....	178
4.4.1 Comparación de tiempos de verde y ciclos teóricos con los reales.....	178
4.4.2 Análisis de tiempos de verde y ciclos calculados en intersecciones sin semáforos.....	180
4.4.3 Estudio y justificación de los semáforos	182
4.5 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	184
4.5.1 Regulación de capacidad y nivel de servicio.....	184
4.5.2 Mejoramiento de la señalización.....	191
4.5.3 Instalación de nuevos semáforos	197
4.5.4 Readecuación de sentidos y carril de acceso en las intersecciones.....	204

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Página

5.1	CONCLUSIONES	207
5.2	RECOMENDACIONES	219

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Aforo de vehículos para la determinación de las horas picos

ANEXO 2. Aforos vehiculares y su respectivo análisis por intersección

ANEXO 3. Análisis para determinar velocidades

ANEXO 4. Aforo de vehículos para el estacionamiento

ANEXO 5. Planos de señalización horizontal y vertical

ANEXO 6. Planos de estacionamiento

ANEXO 7. Planos de circulación del transporte pesado

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Velocidad vs Flujo	21
Figura 2.2 Velocidad vs Densidad	21
Figura 2.3 Ábaco de capacidad teórica para un acceso	29
Figura 2.4 Tabla de capacidad teórica para doble vía	30
Figura 2.5 Línea continua.....	45
Figura 2.6 Línea discontinua	45
Figura 2.7 Paso de peatones	45
Figura 2.8 Flecha Direccional	46
Figura 2.9 Ubicación de señales horizontales en zona urbanas	46
Figura 2.10 Señales preventivas	50
Figura 2.11 Señales reglamentarias.....	52
Figura 2.12 Ejemplo de ubicación de señales verticales reglamentarias	53
Figura 2.13 Señales informativas	53
Figura 2.14 Intervalo de cambio de fase	55
Figura 2.15 Modelo básico de flujo de saturación	59
Figura 2.16 Longitud útil.....	64
Figura 2.17 Dimensión del estacionamiento	64
Figura 3.1 Ubicación de la ciudad de Yacuiba.....	72
Figura 3.2 Av. San Martin - Av. Bolivia.....	73
Figura 3.3 Av. Las Delicias - Av. San Martín.....	74

Figura 3.4 Intersección Juan XXIII	77
Figura 3.5 Detalle de la intersección 5	99
Figura 3.6 Ábaco de capacidad ideal.....	101
Figura 3.7 Ábaco de capacidad ideal para accesos en un solo sentido	104
Figura 3.8 Intersección 24 de julio - Av. San Martín.....	129
Figura 3.9 Semaforización intersección 24 de julio	136
Figura 3.10 Intersecciones tipo I	144
Figura 3.11 Intersección tipo II	144
Figura 3.12 Intersección tipo III.....	145
Figura 3.13 Intersección Tipo IV	145
Figura 3.14 Intersección tipo V	146
Figura 3.15 Intersección Tipo VI	146
Figura 3.16 Puntos de los semáforos en la intersección de la calle Juan XXIII	147
Figura 3.17 Flujo de saturación en vías interrumpidas de dos accesos	148
Figura 3.18 Flujo de saturación en vías interrumpidas de un acceso	148
Figura 3.19 Zona 1 Feria Magariños	156
Figura 3.20 Zona 2 Colegios y Caja Nacional de Salud	157
Figura 3.21 Zona 3 terminal de buses de Yacuiba	158
Figura 3.22 Zona 4 estacionamiento de transporte pesado	159
Figura 4.1 Falta de señalamiento horizontal intersección 11	174
Figura 4.2 Falta de señalamiento horizontal intersección 19	174
Figura 4.3 Falta de señalamiento horizontal intersección 20	175
Figura 4.4 señalización vertical de restricción, intersección 14.....	175

Figura 4.5 Señalización vertical con deficiencias en la figura intersección 11	176
Figura 4.6 Señalización vertical de información, intersección 10	176
Figura 4.7 Señalización vertical obstruida visualmente para el conductor, intersección 10	177
Figura 4.8 Señalización vertical de información y restricción, intersección 6.....	177
Figura 4.9 Señalización vertical con desgaste en las letras intersección 7.....	178
Figura 4.10 Hito modelo Neos con base circular	186
Figura 4.11 Hito modelo HTS -1.....	187
Figura 4.12 Dimensionamiento de las cintas reflectoras del hito.....	187
Figura 4.13 Detalle en planta de la disposición de los Hitos viales	189
Figura 4.14 Detalle de los Hitos viales en la intersección 20.....	189
Figura 4.15 Implementación de un carril extra para la circulación y estacionamiento del transporte pesado	190
Figura 4.16 Señal vertical PARE	191
Figura 4.17 Dimensiones de la señalización para velocidades menores a 50 km/hr.....	192
Figura 4.18 Señal vertical ceda el paso	192
Figura 4.19 Dimensiones de la señalización ceda el paso para velocidades menores a 50 km/hr	193
Figura 4.20 Señal vertical de prohibición de giro	193
Figura 4.21 Dimensiones de la señalización prohibición de giro para velocidades menores a 50 km/hr	194
Figura 4.22 Dimensiones de la señalización prohibición de giro izquierda.....	195
Figura 4.23 Dimensiones de la señalización prohibición de giro derecha	195

Figura 4.2 Dimensiones de la señalización prohibición de giro en U	196
Figura 4.25 Señal vertical de prohibición de vehículos pesados.....	196
Figura 4.26 Señal vertical prohibición de carga y descarga.....	197
Figura 4.27 Modelo de semáforo a implementar	198
Figura 4.28 Posición y configuración de los semáforos.....	198
Figura 4.29 Ubicación de los postes de pedestal para semáforo	199
Figura 4.30 Semáforo soportado con ménsula larga	200
Figura 4.31 Semáforo especial para paso del Tren en la intersección 5 y 6.....	200
Figura 4.32 Ubicación del semáforo para el paso del tren	201
Figura 4.33 Ciclo de semáforo intersección 5	201
Figura 4.34 Ciclo de semáforo intersección 7	201
Figura 4.35 Ciclo de semáforo intersección 6	202
Figura 4.36 Ciclo de semáforo intersección 8	202
Figura 4.37 Ciclo de semáforo intersección 9	202
Figura 4.38 Ciclo de semáforo intersección 10.....	202
Figura 4.39 Ciclo de semáforo intersección 11	202
Figura 4.40 Ciclo de semáforo intersección 12.....	202
Figura 4.41 Ciclo de semáforo intersección 14.....	202
Figura 4.42 Ciclo de semáforo intersección 15	203
Figura 4.43 Ciclo de semáforo intersección 16.....	203
Figura 4.44 Ciclo de semáforo intersección 18.....	203
Figura 4.45 Ciclo de semáforo intersección 19.....	203
Figura 4.46 Ciclo de semáforo intersección 20.....	203
Figura 4.47 Ciclo de semáforo intersección 29	203

Figura 4.48 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 3.....	204
Figura 4.49 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 4.....	205
Figura 4.50 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 29.....	206
Figura 5.1 Cambio de sentido en el acceso 3 de la intersección 3	217
Figura 5.2 Cambio de sentido en el acceso 3 de la intersección 4	218
Figura 5.3 Cambio de sentido en el acceso 4 de la intersección 29	219

ÍNDICE DE GRÁFICA

	Página
Gráfica 3.1 Resumen de las horas pico	76
Gráfica 3.2 Resumen velocidad de punto en cada intersección	96
Gráfica 3.3 Intensidades reales.....	155
Gráfica 4.1 Resultado del estudio de velocidad	166
Gráfica 4.2 Resumen del nivel de servicio por acceso.....	171
Gráfica 4.3 Intersecciones con semáforos antes del estudio realizado.....	183
Gráfica 4.4 Intersecciones con semáforo después del estudio realizado.....	183

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Factor de corrección a la capacidad por pendiente	36
Tabla 2.2 Factor de corrección por distribución de sentidos.....	37
Tabla 2.3 Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma	37
Tabla 2.4 Factor de corrección por vehículos pesados.....	39
Tabla 2.5 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la pendiente	40
Tabla 2.6 Factor de corrección al nivel de servicio por uso de la capacidad.....	41
Tabla 2.7 Factor de corrección por ancho de carril y berma	41
Tabla 2.8 Factor de corrección por el estado de la superficie de rodadura.....	42
Tabla 2.9 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendentes Fp1	43
Tabla 2.10 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados Fp2.....	43
Tabla 2.11 Determinación del nivel de servicio en base a V3 y el tipo de terreno.....	44
Tabla 3.1 Análisis estadístico de intensidades en la intersección Juan XXIII	78
Tabla 3.2 Resumen de intensidades por intersección 1 al 10.....	79
Tabla 3.3 Resumen de intensidades por intersección 11 al 20.....	80
Tabla 3.4 Resumen de intensidades por intersección 21 al 29.....	81
Tabla 3.5 Resumen de intensidades por intersección 30 al 31	82
Tabla 3.6 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado, intersección 1 al 11	83
Tabla 3.7 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado,	

intersección 12 al 21	84
Tabla 3.8 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado, intersección 22 al 31	85
Tabla 3.9 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 1 al 11	86
Tabla 3.10 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 12 al 21	87
Tabla 3.11 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 22 al 31	88
Tabla 3.12 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 1 al 11	89
Tabla 3.13 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 12 al 21	90
Tabla 3.14 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 22 al 31	91
Tabla 3.15 Análisis y cálculo de la velocidad, intersecciones del 1 al 18.....	94
Tabla 3.16 Análisis y cálculo de la velocidad, intersecciones del 18 al 31.....	95
Tabla 3.17 Velocidad de recorrido total.....	97
Tabla 3.18 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 1 al 7.....	106
Tabla 3.19 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 8 al 13	107
Tabla 3.20 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 14 al 19	108

Tabla 3.21 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 20 al 25.....	109
Tabla 3.22 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 26 al 31.....	110
Tabla 3.23 Factor de corrección por pendiente	112
Tabla 3.24 Factor de corrección por distribución de sentido	112
Tabla 3.25 Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma.....	113
Tabla 3.26 Factor de corrección por vehículos pesados.....	114
Tabla 3.27 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la pendiente.....	116
Tabla 3.28 Factor de corrección al nivel de servicio por uso de la capacidad.....	117
Tabla 3.29 Factor de corrección por ancho de carril y berma	118
Tabla 3.30 Factor de corrección por el estado de la superficie de rodadura.....	118
Tabla 3.31 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendentes Fp1	120
Tabla 3.32 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados Fp2.....	121
Tabla 3.33 Determinación del nivel de servicio en base a V3 y el tipo de terreno.....	122
Tabla 3.34 Resultados de Fpe y Fd de la capacidad método Invias en vías ininterrumpidas.....	123
Tabla 3.35 Resultados de la capacidad método Invias en vías ininterrumpidas.....	124
Tabla 3.36 Resultados del cálculo de la velocidad inicial y la velocidad 1	125

Tabla 3.37 Resultados del cálculo de la velocidad 2.....	126
Tabla 3.38 Resultados del cálculo de la velocidad 3.....	127
Tabla 3.39 Nivel de servicio método INVIAS en vías ininterrumpidas	128
Tabla 3.40 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo I.....	137
Tabla 3.41 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo I.....	137
Tabla 3.42 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo II.....	138
Tabla 3.43 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo II	138
Tabla 3.44 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo III	139
Tabla 3.45 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo III.....	140
Tabla 3.46 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo IV	141
Tabla 3.47 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo IV.....	141
Tabla 3.48 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo V	142
Tabla 3.49 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo V	142
Tabla 3.50 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo VI.....	143
Tabla 3.51 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo VI.....	143
Tabla 3.52 Datos a utilizar para el cálculo de las intersecciones con semáforo...	153
Tabla 3.53 Resultados del análisis del congestionamiento	154
Tabla 3.54 Ubicación de tramos Zona 1.....	156
Tabla 3.55 Ubicación de tramos, Zona 2.....	157
Tabla 3.56 Ubicación de tramos, Zona 3.....	158
Tabla 3.57 Aforo de estacionamiento en la cuadra E-19	160
Tabla 3.58 Planilla de aforo de placas para el estacionamiento.....	161
Tabla 3.59 Ordenamiento de datos, según el tiempo de duración.....	162
Tabla 3.60 Resumen del cálculo de la oferta y demanda de los	

diferentes tramos	164
Tabla 3.61 Resumen del cálculo del índice de rotación y duración media de los diferentes tramos	165
Tabla 4.1 Velocidad máxima (km/) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad.....	167
Tabla 4.2 Resultado del análisis según la zona y la velocidad, intersección 1 al 16.....	167
Tabla 4.3 Resultado del análisis según la zona y la velocidad, intersección 1 al 16.....	168
Tabla 4.4 Intersecciones con nivel de servicio F.....	169
Tabla 4.5 Intersecciones con nivel de servicio E	169
Tabla 4.6 Intersecciones con nivel de servicio D.....	170
Tabla 4.7 Comparación de las capacidades mediante el análisis de vías Ininterrumpidas e Interrumpidas	172
Tabla 4.8 Comparación del nivel de servicio mediante el análisis de vías Ininterrumpidas e Interrumpidas	173
Tabla 4.9 Comparación de tiempos de verde y ciclos teóricos con los reales V	179
Tabla 4.10 Tiempos verdes y ciclos calculados para las intersecciones de los semáforos tipo I, II Y III.....	180
Tabla 4.11 Tiempos verdes y ciclos calculados para las intersecciones de los semáforos tipo I, II Y III	181
Tabla 4.12 Intersecciones que requieren la implementación de un semáforo	182
Tabla 4.13 Dimensionamiento Hito NEOS base circular.....	186

Tabla 4.14 Dimensionamiento del Hito modelo HTS-1.....	187
Tabla 4.15 Tramos de intersecciones que se implementarán los separadores de carriles.....	188
Tabla 5.1 Resumen horas pico	207
Tabla 5.2 Resumen de volúmenes.....	208
Tabla 5.3 Resumen de la capacidad por intersección y acceso	209
Tabla 5.4 Resumen del nivel de servicio por intersección y acceso	210
Tabla 5.5 Comparación de la capacidad en vías ininterrumpidas con vías interrumpidas.....	212
Tabla 5.6 Comparación del nivel de servicio en vías ininterrumpidas con vías interrumpidas.....	213
Tabla 5.7 Resumen de la implementación o no de semáforos en cada intersección	214
Tabla 5.8 Comparación de los tiempos reales con los calculados en intersecciones con semáforos.....	215
Tabla 5.9 Implementación de los hitos viales en tramos de alta demanda.....	216