



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
DR. PEDRO RINCÓN GUTIÉRREZ
TACHIRA, VENEZUELA

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA
EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VIAS
POSTGRADO DE INGENIERIA VIAL

**PROPUESTA CONCEPTUAL DE MEJORAS DE BAJO COSTO QUE
PERMITAN INCREMENTAR LA FLUIDEZ DEL TRÁFICO
VEHICULAR, EN LA AVENIDA ELEAZAR LÓPEZ CONTRERAS,
MUNICIPIO LIBERTADOR DEL ESTADO MÉRIDA.**

www.bdigital.ula.ve

Por

YAMILETH DEL C. PARRA B.

Propuesta para optar Título de Magister en Ingeniería Vial

Prof. Mary I. Díaz G.

Tutor

Prof. Pedro Andueza

Asesor

C.C Reconocimiento

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por estar conmigo en todo momento, por todo lo que he hecho y seguirá haciendo en mí.

Al Profesor Pedro Andueza, por sus conocimientos, receptividad, dedicación, paciencia y animarme a culminar esta Tesis.

A la profesora Mari Isabel Díaz, por su colaboración y dedicación al guiarme a lo largo de este recorrido y por haber creído en mí para la culminación de esta tesis.

Al Ingeniero Ignacio Rodríguez por ser mi tutor y formador a lo largo de mi carrera, por su valiosa colaboración incondicional, sus conocimientos y respetables observaciones y correcciones.

A mis Padres, por formarme, guiarme, entenderme y apoyarme a lo largo de toda mi vida, especialmente durante la ejecución y culminación de este trabajo. Este Triunfo es de ustedes.

Gracias.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ivi
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Ubicación Contextual del Problema.....	3
1.1.1 Delimitación y Estructuración.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos.....	10
1.4 Justificación.....	11
1.4.1 Elementos que conforman el problema.....	12
1.4.2 Incorporación de proyecciones vinculadas con el problema en estudio.....	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Consideraciones Generales.....	14
2.2 Antecedentes.....	16
2.3 Esquema del marco teórico.....	22
2.3.1 Conceptos básicos de vialidad.....	22
2.3.2 Vialidad urbana.....	30
2.3.3 Transito.....	32
2.3.4 Diseño Geométrico.....	53
2.3.5 Estadística Descriptiva.....	59
2.3.6 Descripción de la Vialidad Urbana de acuerdo al Plan de Ordenamiento Urbanístico Local PDUL para la ciudad de Mérida.	67

2.3.7	Metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010) ⁵ para el análisis de capacidad y operación, específicamente Capítulos 17, 18 y 19.....	77
2.3.8	Descripción de Medidas de Ingeniería de Bajo Costo.....	156
2.4	Formulación de Hipótesis.....	165

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1.	Consideraciones Generales.....	166
3.2.	Tipo de Investigación.....	166
3.3.	Diseño de la Investigación.....	167
3.3.1	Definición del área de estudio y levantamiento topográfico de detalles.....	168
3.3.2.	Definición de zonas para realizar los conteos vehiculares y mediciones.....	169
3.4.	Población o Universo de Estudio.....	172
3.5.	Muestra de Estudio.....	173
3.6.	Instrumentos para Recolección de Información.....	175
3.7.	Medición en campo.....	185

CAPÍTULO 4. PROCESAMIENTOS DE DATOS

4.1.	Consideraciones Generales.....	189
4.2.	Conformación de intersecciones semaforizadas y no semaforizadas y definición de las Características físicas de la vía.....	193
4.2.1	Denominación de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.	193
4.2.2	Definición de las Características físicas de la vía.....	196
4.3.	Determinación del Tamaño de la Muestra.....	201
4.4.	Codificación y Tabulación de Datos.....	201

4.4.1	Conteos vehiculares por hora y demás información requerida para la determinación de los volúmenes en periodos de 15 minutos, selección del mayor volumen y cálculo del Factor de Hora Pico, en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.....	204
4.4.2	Determinación de Hora Pico y Hora Valle, en las Intersecciones y Segmento de Vía.....	211
4.4.3	Definición de los 15 minutos de mayor y menor volumen, para medición de tiempo de recorrido en las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa.....	217
4.4.4	Medición de Tiempos, Calculo de la Velocidad de Recorrido y Flujo Libre, en el segmento de Av. Eleazar López Contreras para los vehículos que se desplazan en ambas direcciones en los periodos de tiempo determinados en el punto anterior.....	222
4.4.5	Medición de Colas en los accesos a las intersecciones Sai - Sai y La Pedregosa.	228
4.4.6	Medición de Tiempos de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.	230
4.4.7	Aplicación y análisis de Metodología del Manual HCM Highway Capacity Manual 2010 en las condiciones actuales de la Avenida Eleazar López Contreras desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa incluyendo la Intersección La Linda – La Floresta, durante las horas pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am y de la Tarde 5:00 a 6:00 pm, mediante el uso del software Synchro 8....	233

CAPÍTULO 5. PRESENTACION Y ANALISIS DE PROPUESTAS CONCEPTUALES UTILIZANDO MEDIDAS DE BAJO COSTO

5.1	Consideraciones Generales.....	252
5.2	Presentación de Propuestas Conceptuales de Medidas de Bajo Costo.....	252
5.2.1	Propuesta N° 01.....	254
5.2.2	Propuesta N° 02.....	257

5.2.3	Propuesta N° 03.....	260
5.3	Presentación de Datos y Análisis de Capacidad y Operación de cada una de las propuestas en la Avenida Eleazar López Contreras desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa incluyendo la Intersección La Linda – La Floresta, durante las horas pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am y de la Tarde 5:00 a 6:00 pm, mediante la utilización del software Synchro 8.	269
5.3.1	Presentación de Datos y Modelado de la Capacidad y Operación en cada una de las propuestas.....	269
5.3.2	Resumen de resultados obtenidos en el modelado todas las propuestas.....	278
5.4	Análisis de los resultados obtenidos correspondientes a las propuestas.....	283
 CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
6.1	Consideraciones Generales.....	292
6.2	Conclusiones.....	292
6.3	Recomendaciones.....	299
 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		
	BIBLIOGRAFIA.....	301
	ANEXOS.....	303
	ANEXOS EN FORMATO DIGITAL.....	305
		306

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.3.3-1. Velocidad de Diseño en función de la Movilidad y Accesibilidad	47
Tabla N° 2.3.3-2. Desviación Estándar de Medición de Velocidades para Determinación de Tamaño de la Muestra (S).	49
Tabla N° 2.3.3-3. Constante correspondiente al Nivel de Confianza (K)	50
Tabla 17-13. Demoras debida a los Vehículos que giran	85
Tabla 17-2. Niveles de Servicio LOS	94
Tabla 18-13. Factor de ajuste por canal fw	105
Tabla 18-4. Valores LOS establecidos para el modo del automóvil en la intersección semaforizada	117
Tabla 18-5. Valores LOS (ICU) establecidos para el modo del automóvil en la intersección semaforizada	120
Tabla 19-10. Avance critico base para intersecciones TWSC	144
Tabla 19-11. Avance critico de seguimiento base para intersecciones TWSC	145
Tabla 19-12. Proporción de bloqueo para cada movimiento en el periodo de análisis	146
Tabla 2.3.8-1. Clasificación del vehículos según el tipo	157
Tabla 2.3.8-2. Radios de giro mínimos	158
Tabla 2.3.8-3. Longitud mínima para parada de autobuses	164
Planilla Modelo N° S-2 Numero de vehículos desde cada acceso	176
Planilla Modelo P-2 Numero de vehículos desde cada acceso	177
Planilla Modelo P-40 Numero de maniobras de estacionamiento Nm	178
Planilla Modelo P-42 Conteo de buses y vehículos pesados Nm	179
Planilla Modelo P-48 Numero de operaciones de Sube - Baja Nb	180
Planilla Modelo P-50 Numero de peatones que cruzan en cada acceso	181
Planilla Modelo Lf-2 Numero de vehículos desde cada acceso	182
Planilla Modelo Lf-15 Numero de vehículos desde cada acceso	183
Tabla Modelo 4-53. Medición de longitud de cola en los accesos a la Av. Eleazar López Contreras en los 15 Minutos De La Hora Pico	184
Planilla S-2 Numero De Vehículos Desde Cada Acceso	206

Planilla LF-2 Numero De Vehículos Desde Cada Acceso	208
Planilla P-2 Numero De Vehículos Desde Cada Acceso	210
Tabla N° 4-1. Volumen de vehículos en la intersección la Sai – Sai para determinación de hora pico y hora valle	212
Tabla N° 4-2. Volúmenes de vehículos en la Intersección La Pedregosa para determinación de hora pico y hora valle	213
Tabla N° 4-3. Volumen de vehículos que entran y salen por medio de la Intersección Sai –Sai. para determinación de hora pico en el segmento de vía	214
Tabla N° 4-4. Volumen de vehículos que entran y salen por medio de la Intersección La Pedregosa. para determinación de hora pico en el segmento de vía	215
Tabla N° 4-5. Volumen de vehículos que se desplazan por el segmento de vía, Avenida Eleazar López contreras en ambas direcciones de tráfico.	216
Tabla N° 4-6 Volumen de vehículos en la Intersección Sai - Sai para determinación de los 15 minutos de hora pico en la mañana	218
Tabla N° 4-12 volumen de vehículos acumulados por acceso y por hora (mañana) intersección Sai - Sai	219
Tabla N° 4-18 Volumen de vehículos acumulados en la Intersección Sai - Sai en periodos de 15 minutos en la mañana	221
Tabla N° 4-22 Velocidad de recorrido en el tramo Intersección Sai - Sai - Intersección La Pedregosa hora pico de la mañana para vehículos que suben. 7:00 a 8:00 am periodo de medición 7:05 a 7:20 am	224
Tabla N° 4-30 datos para el histograma de frecuencias de las velocidades	226
Tabla 4-31 Distribución de frecuencias de las velocidades	226
Tabla 4-32 Velocidad de recorrido hora pico de la mañana para vehículos que suben	226
Tabla 4-51 velocidades en la av. Eleazar López Contreras en sentido subiendo y bajando	227
Tabla 4-52 Porcentaje de disminución de velocidad en campo con respecto a la velocidad de diseño recomendada de 60 km/h en la Av. Eleazar López Contreras en sentido subiendo y bajando	228
Tabla 4-53 Medición de longitud de cola en los accesos a la Av. Eleazar López Contreras en los 15 minutos de la hora pico	229
Tabla N° 4-54 volumen por acceso para modelar intersección Sai - Sai	234
Tabla N° 4-55 Volumen por acceso para modelar Intersección La Pedregosa	235
Tabla N° 4-56 Volumen por acceso para modelar Intersección La Linda – La Floresta	236

Tabla N° 4-57 Nivel de Servicio LOS Intersección Sai - Sai	246
Tabla N° 4-58 Nivel de Servicio LOS para la Intersección SemafORIZADA La Pedregosa	247
Tabla N° 4-59 Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Linda	247
Tabla N° 4-60 Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Floresta	248
Tabla N° 5-1 Nivel de Servicio LOS Intersección Sai - Sai	279
Tabla N° 5-2 Nivel de Servicio LOS por Acceso para la Intersección SemafORIZADA La Pedregosa	280
Tabla N° 5-3 Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Linda	281
Tabla N° 5-4 Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Floresta	282
Tabla N° 5-5 Comparación del Nivel de Servicio LOS, para la situación actual y para las propuestas, en cada Intersección Hora Pico De La Mañana 7:00 A 8:00 Am	284
Tabla N° 5-6 Comparación del Nivel de Servicio LOS, para la situación actual y para las propuestas, en cada intersección hora pico de la tarde 5:00 a 6:00 pm	285

www.bdigital.ula.ve

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.2-1 Conformación de la red vial de la Ciudad de Mérida	6
Figura 1.2-2 Ubicación Local de la Avenida Eleazar López Contreras y sus principales conectores	7
Figura 1.2-3 Mapa de Ubicación de la Avenida Eleazar López Contreras y sus principales conectores	8
Figura 17-8 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil	79
Figura 18-11 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil	98
Figura 18-12 Grupos de movimientos y grupos de canales más comunes	101
Figura 19-3 Movimientos de Vehículos y Peatones en Intersecciones TWSC	129
Figura 19.4 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil	132
Figura 19-5 Definición de movimientos de conflictos para la calle principal con los movimientos de giro a la izquierda	135
Figura 19-6 Definición de movimientos contradictorios encontrados por conductores que giran a la derecha por la calle secundaria	136
Figura 19-8 Definición de movimientos en conflicto encontrados por la calle secundaria a través de controladores de movimiento	139
Figura 19-9 Definición de movimientos en conflicto que se encuentran los conductores que giran a la izquierda en la calle secundaria	141
Figura 2.3.8-1. Especificaciones para Diseño de una Parada de transporte Público	164
Figura 3.6-1 Formato para obtener tiempo en segundos de cada fase y del ciclo de semáforo en campo	184
Figura 4.2.1.1-1 Conformación de Accesos en la Intersección Sai –Sai	193
Figura 4.2.1.2-1 Conformación de Accesos en la Intersección La Linda – La Floresta	194
Figura 4.2.1.3-1 Conformación de Accesos en la Intersección La Pedregosa	196
Figura 4.2.2-1 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes	197

Figura 4.2.2-2 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes	198
Figura 4.2.2-3 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes	199
Figura 4.2.2-4 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes	200
Figura 4.4.6-1 Ubicación y Nomenclatura de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa	230
Figura 4.4.6-2 Tiempo en segundos de cada fase y del ciclo	231
Figura 4.4.6-3 Configuración de las Fases y Sincronización de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa	232
Figura 4.4.7-1 Volúmenes Hora Pico de la Mañana	234
Figura 4.4.7-2 Volúmenes Hora Pico de la Tarde	234
Figura 4.4.7-3 Volúmenes Hora Pico de la Mañana	235
Figura 4.4.7-4 Volúmenes Hora Pico de la Tarde	235
Figura 4.4.7-5 Volúmenes Hora Pico de la Mañana	237
Figura 4.4.7-6 Volúmenes Hora Pico de la Tarde	237
Figura 4.4.7-7 Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras Hora Pico de la Mañana 7:00 a 8:00 am	238
Figura 4.4.7-8 Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Tarde 5:00 a 6:00 pm	239
Figura 4.4.7-9 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am	241
Figura 4.4.7-10 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am	242
Figura 4.4.7-11 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am	243
Figura 4.4.7-12 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am	244
Figura 4.4.7-13 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am	245

Figura 5.2.1-1 Esquema de Propuesta N° 01. Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai	254
Figura 5.2.2-1 Esquema de Propuesta N° 02. Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai	257
Figura 5.2.3-1 Esquema de Propuesta N° 03. Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai	262
Figura 5.2.3-2 Esquema de Propuesta N° 03. Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-1	263
Figura 5.2.3-3 Esquema de Propuesta N° 03. Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-2	264
Figura 5.2.3-4 Esquema de Propuesta N° 03. Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-3	265
Figura 5.2.3-5 Esquema de Propuesta N° 03. Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-4	266
Figura 5-4 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	272
Figura 5-5 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	273
Figura 5-6 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	274
Figura 5-7 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	275
Figura 5-8 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	276
Figura 5-9 Nivel de Servicio LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am	277
Figura 5-7 Tiempo en segundos de cada fase y del ciclo	289
Figura 5-8 Sincronización de las fases del Semáforo en Intersección Sai – Sai.	290

RESUMEN

Hoy en día los problemas de congestión vial se hacen cada vez mayores, en vista del crecimiento demográfico de la población así como también del parque automotor que debe utilizar la infraestructura vial existente a la cual no se le han hecho mejoras sustanciales en los últimos años y donde el mantenimiento por parte de los organismos competentes es mínimo y solo se ocupa mayormente de hacer reparaciones en circunstancias que afectan la transitabilidad de los vehículos dejando de lado la búsqueda de soluciones viales que mitiguen los problemas de congestión.

El propósito de esta investigación fue realizar una propuesta conceptual de mejoras de bajo costo, basada en las normativas y criterios de diseño vial vigentes, que permitan incrementar la fluidez del tráfico vehicular, optimizando el funcionamiento de la infraestructura vial existente en la Avenida Eleazar López Contreras ubicada en el Municipio Libertador del Estado Mérida, mediante la aplicación del Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵ a través de una herramienta informática denominada Synchro 8, al cual se incorporan una serie de datos y parámetros necesarios para hacer el modelado de las situaciones del tránsito en estudio.

Como primera actividad se realizó el diagnóstico de la situación actual, mediante la realización de mediciones en campo y el levantamiento topográfico a detalle de la avenida y sus accesos, observaciones de campo para determinación de los puntos críticos de congestión así como también zonas estratégicas para la llevar a cabo manualmente los conteos vehiculares, medición de longitud de cola y tiempo de semáforos.

Una vez obtenidos los datos de campo se realizó el procesamiento de los mismos tanto para la simulación la situación actual como para cada una de

las propuestas realizadas, cuyos resultados fueron evaluados desde el punto de vista de operación mediante la determinación del Nivel de Servicio LOS evidenciándose la problemática existente de congestión.

Luego se llevó a cabo la comparación de los parámetros obtenidos para cada Nivel de Servicio, mediante la aplicación de cada propuesta y posteriormente donde fue escogida la que mejor se adapta a las condiciones de la zona desde el punto de vista de transitabilidad y movilidad haciendo las menores afectaciones físicas al entorno y que puedan ser implementadas a corto plazo.

Palabras Clave: Congestión, Evaluación, Simulación, Transitabilidad, Movilidad, Operación, Nivel de Servicio LOS, Mejoras de Bajo Costo, Afectación, Adaptación.

www.bdigital.ula.ve

INTRODUCCIÓN

El tema de la vialidad de una ciudad requiere del cuidado y supervisión desde las primeras fases del proyecto donde confluyen innumerables factores como el aumento de la población en las zonas urbanas, el aumento del parque automotor, el desarrollo de urbanismos con sus respectivos usos del suelo desde habitacional, comercial, asistencial, entre otros; así como también la adaptación de la forma y acceso de los urbanismo a la topografía de cada zonal, tomando en cuenta las vías de comunicación existentes, y durante el proceso de dar acceso a terrenos privados, ejidos municipales, manteniendo los retiros de seguridad de taludes, ríos, derechos de vía entre otros.

El proyecto, desarrollo y construcción de nuevas debe incluir la conformación de calzadas totalmente acordes al entorno, uso y clasificación, teniendo en cuenta además la incorporación de los servicios públicos requeridos de acuerdo a la población que va a servir, entre los cuales tenemos red de energía eléctrica, agua potable, aguas servidas, fibra óptica, etc. Estos procesos deben llevarse a cabo de forma multidisciplinaria, totalmente adaptados a las normativas vigentes conjuntamente con la elaboración de estudios previos de factibilidad donde se avale su adaptación en el sitio, de acuerdo al alcance de la obra y al servicio que prestará a la sociedad durante un tiempo determinado.

El rasgo principal de esta Tesis de grado es que interviene unos de los sectores donde se ha improvisado significativamente el tejido urbano de la ciudad de Mérida. La Avenida Eleazar López Contreras que enlaza dos de las arteriales principales con mayor volumen de circulación de vehículos, como son las Avenidas Los Próceres y Andrés Bello. La avenida objeto de este estudio desde su nacimiento no estaba diseñada para tal función por sus dimensiones y la forma abrupta como se enlaza con la avenida Los Próceres, para empeorar la situación a lo largo de su recorrido se han construido una

serie de urbanismos de edificios para habitación con una alta densidad de población en cuyos accesos no se han cumplido con los requerimientos mínimos establecidos en normas y ordenanzas publicas vigentes en cuanto al diseño vial ya que se han construido una serie de entradas dispuestas irregularmente que afectan la movilidad de la avenida generando roce entre el trafico local y de paso.

La conformación de la sección transversal de la avenida Los Próceres maneja grandes volúmenes de tráfico que llegan a la Intersección La Pedregosa los cuales no pueden ser absorbidos por la Avenida Eleazar López Contreras ya que su sección transversal es de menores dimensiones, esta situación se produce con características similares en la Intersección Sai – Sai, quedando una demanda insatisfecha ya que la avenida llega a su máxima capacidad desmejorando su Nivel de Servicio LOS, dando lugar al fenómeno de congestión que actualmente se presenta en la zona. De aquí que nace la inquietud de generar una propuesta de bajo costo que permita optimizar el Nivel de Servicio actual para mejorar la transitabilidad en la zona.

CAPITULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Ubicación Contextual del Problema

La realización de la investigación para el presente trabajo se llevará a cabo desde el contexto práctico y técnico; es decir, determinando los factores que influyen en las características del tráfico en la zona, los cuales se investigaran a través de un análisis sistemático de los problemas que actualmente perciben los usuarios de la vía, con el propósito de conocer los factores que los conforman, describirlos e interpretarlos para entender su naturaleza, y poder así determinar y explicar sus causas, es el caso de los volúmenes de tráfico que circulan por el segmento de vía, la ocurrencia de colas y demoras en los tiempo de viaje, a determinadas horas de un día laborable en las intersecciones involucradas, el comportamiento de gran parte de los conductores y de los usuarios de la vía en general, analizándolos mediante la aplicación de métodos desarrollados debidamente normalizados para determinar variables de estudio que den a conocer el origen de los problemas presentes y que a su vez permitan presentar alternativas conceptuales de solución a corto y mediano plazo con un bajo costo de inversión.

1.1.1 Delimitación y Estructuración

La Avenida Eleazar López Contreras, considerada como una vía arterial menor, enlaza al menos dos de las principales arterias viales de nuestra ciudad como son las avenidas Los Próceres y Andrés Bello, permitiendo el flujo de un gran número de vehículos a través de ella, bajo condiciones de infraestructura vial y capacidad vehicular muy diferentes, que ocasiona congestión durante algunas horas del día. Dicho fenómeno de congestión causa actualmente gran preocupación; es por ello que, la presente

investigación trata de demostrar conceptualmente que mediante la optimización de los diversos factores presentes en la infraestructura vial de la Avenida Eleazar López Contreras, se puede lograr disminuir la congestión presente en el día a día y que afecta a cada uno de los usuarios, mediante el estudio de los volúmenes de tráfico y aplicación de métodos y normativas vigentes que permitan la generación de una propuesta conceptual de bajo costo que pueda ser aplicada y puesta en servicio a corto o mediano plazo.

1.2 Formulación del problema

El crecimiento demográfico de las ciudades a nivel mundial, conjuntamente con la necesidad de comunicación hace necesaria la construcción de una red de infraestructura vial muy amplia y complicada, que día a día y con el paso de los años se hace insuficiente para la demanda vehicular que se genera, ocasionando problemas de congestión vial a los usuarios debido a que la demanda es mayor que la oferta, constituyendo un desmejoramiento en la calidad de vida. Su principal manifestación es la progresiva reducción de las velocidades de circulación, que se traduce en incrementos de tiempos de viaje, de consumo de combustibles, aumentos en los costos de operación y contaminación atmosférica, entre otros. Los efectos perjudiciales de la congestión recaen directamente sobre los usuarios, bien sea de vehículos particulares o de pasajeros así como las personas que viven y transitan en las áreas adyacentes de las vías congestionadas, ya que generalmente se ven afectados no solo por los retrasos en sus desplazamientos, sino en que ven incrementados los costos de las tarifas que pagan por su traslado.

En las últimas décadas, se ha producido en América Latina un intensivo aumento de uso del automóvil, ya que genera ventajas en términos de

facilitar la movilidad personal y otorgar sensación de seguridad y de estatus especialmente en países en vías de desarrollo; sin embargo, el aumento del uso del automóvil va en detrimento del uso de la infraestructura vial, ya que no se construyen nuevas vías ni se mejoran las existentes de manera que permitan la fluidez del tráfico aumentando por ende la congestión.

Venezuela registró el mayor avance tanto cuantitativo como cualitativo en su red vial nacional en las décadas de los años 60, 70 y 80, lo que ha facilitado la comunicación entre los principales centros urbanos del país; sin embargo, no llegó a satisfacer la creciente demanda a la par del aumento del tráfico automotor.

Las redes locales de las diferentes ciudades se han ido desarrollando de acuerdo a las necesidades de la infraestructura vial y la disponibilidad de ocupación, siendo éste último uno de los factores de mayor importancia, ya que los espacios disponibles para la construcción de nuevas vías y desarrollos habitacionales en las ciudades son insuficientes y costosos, dando paso a la conformación de las denominadas ciudades dormitorio, que se encuentran ubicadas en sectores periféricos de las mismas; tal es el caso de la ciudad de Mérida, que se asienta en una terraza de forma alargada, cuyo casco central está ubicado al noreste de la misma, siendo allí donde se desarrollan la mayor parte de las actividades propias de cualquier ciudad: gubernamentales, educacionales, culturales, administrativas, habitacionales, turísticas, etc., transformando a la meseta en una zona productora y atractora de viajes.

Para tener una referencia de ubicación se muestra en la Figura 1.2-1 la conformación de la red vial de la ciudad, constituida por vías arteriales principales y secundarias, locales y colectoras, solo se resaltan en color las Arteriales Principales Av. Los Próceres, Av. Las Américas, Av. Urdaneta, Av. Andrés Bello, Av. Eleazar López Contreras entre otras, algunas de ellas, sin la infraestructura física adecuada para cubrir la

demanda, por lo que actualmente se presentan graves problemas de congestión durante las horas pico y en algunos casos extendiéndose a las horas valle, de la mayor parte de los días del año. Las arteriales principales que fueron contempladas y proyectadas a lo largo de la meseta para el libre desenvolvimiento de tránsito vehicular; sin embargo, no tuvieron continuidad durante su construcción a lo largo de los años, quedando truncadas en sus extremos por la implantación de desarrollos urbanos que para la época fueron también construidos, debiendo ser entonces ser empalmadas con vías arteriales secundarias o locales de menor capacidad y con pocas conexiones entre ellas.

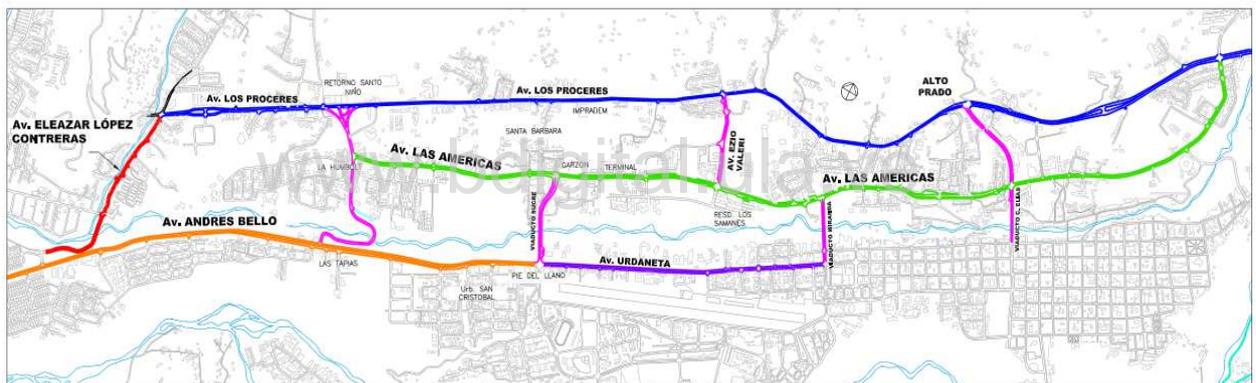


Figura 1.2-1 Conformación de la red vial de la Ciudad de Mérida

La Avenida Eleazar López Contreras objeto de este trabajo, está ubicada al suroeste de la ciudad, permite la continuidad de la Avenida Los Próceres, y es un ejemplo de la situación antes mencionada, ya que debe drenar los grandes volúmenes de tránsito local y de paso, que desean acceder a la meseta o salir de ella por la parte sur de la ciudad, a través de las Avenidas Andrés Bello, Los Próceres y Principal de la Urbanización La Mata como se puede observar en las Figuras 1.2-2 y 1.2-3.



Figura 1.2-2 Ubicación Local de la Avenida Eleazar López Contreras y sus principales conectores

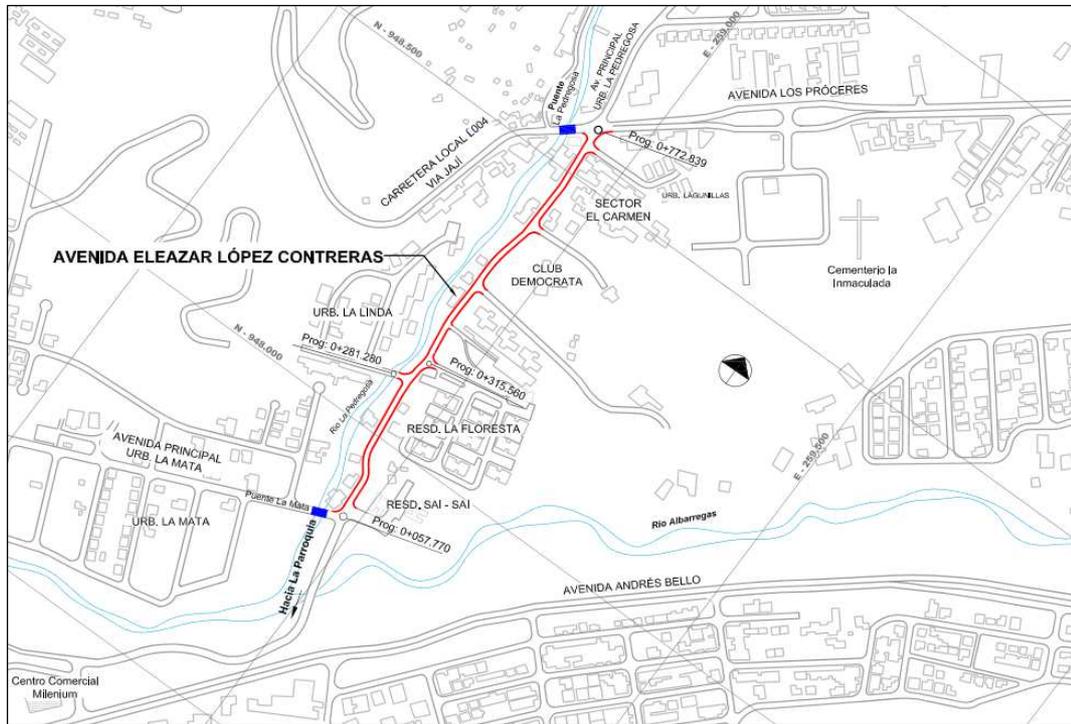


Figura 1.2-3 Mapa de Ubicación de la Avenida Eleazar López Contreras y sus principales conectores

Dicha avenida en estudio no fue diseñada para tal fin, al realizar su recorrido podemos constatar que su infraestructura cuenta con dos canales de circulación, uno en cada sentido, catorce intersecciones sin preferencias de paso distribuidas en ambos lados de su sección transversal, que hacen que el tráfico vehicular en la zona se desplace a velocidades relativamente bajas para una vía arterial, estos factores inciden en: demoras en los tiempos de viaje de los usuarios, alto consumo de combustible, desgaste de vehículos, cambios notables en los estilos de vida traducidos en pérdidas de horas hombre, disminución de la calidad de vida de las personas que de una u otra manera residen en la zona o utilizan los medios de transporte para realizar sus actividades cotidianas.

Con base en lo expuesto, nos vemos en la necesidad de preguntarnos, cuáles pueden ser las medidas a ser tomadas para dar solución o que permitan mitigar la grave problemática presente en esta vía, mediante el desarrollo de un concepto armónico entre la economía, la seguridad, la factibilidad, la movilidad, un nivel tolerable de congestión y una mejor calidad de vida tanto de los usuarios de la vía como de quienes viven a lo largo de la zona, todo ello en condiciones sostenibles en el tiempo.

Como sabemos el congestionamiento incontrolado del tránsito va en contra de dichas expectativas y puede generar un futuro inestable, es por ello que resulta necesario minimizarlo en el corto y mediano plazo, mediante acciones basadas en conocimientos técnicos, donde juega un papel fundamental el aprendizaje con respecto a medidas útiles, prácticas, económicas y sostenibles, que deben ser aplicadas conjuntamente con nuevas actitudes ciudadanas en relación con la movilidad, medio transporte, el espacio público y el tránsito.

Para lo cual debemos tener en cuenta que al diseñar las medidas concretas, deben a su vez considerarse también los diversos impactos sobre el desarrollo armónico de la zona y prevenir efectos negativos; por ello, se requiere de un enfoque integral del problema que permita alcanzar ciudades con mayor calidad de vida en un ambiente sostenible en el tiempo y es allí donde nacen un sin número de preguntas sobre qué tipo de solución es la más idónea según sea el caso y encontrar la mejor manera en que puedan aplicadas porque de allí depende el éxito de la propuesta.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta conceptual de mejoras de bajo costo que permitan incrementar la fluidez del tráfico vehicular, optimizando el funcionamiento de la infraestructura vial existente en la Avenida Eleazar López Contreras, Municipio Libertador del Estado Mérida.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar mediante la elaboración del levantamiento topográfico de detalles el estado actual de la infraestructura vial existente, en lo referente a geometría, servicios públicos, usos del suelo y accesos.
- Estudiar y analizar las características y comportamiento del tráfico tanto en horas pico como en horas valle mediante la ejecución de conteos de volúmenes de tráfico en un día típico laborable.
- Definir de acuerdo al análisis de los volúmenes de tráfico, los periodos de tiempo en que se medirán las velocidades y tiempos de recorrido del tramo de avenida para determinar la capacidad operacional de la vía y causas que actualmente generan la congestión vehicular.
- Evaluar mediante la aplicación de la metodología recomendada por el Manual de Capacidad de Carreteras *Highway Capacity Manual (2010)*⁵ (HCM) tres (3) propuestas conceptuales de solución a los problemas de tránsito desde el punto de vista de vialidad y/o operación que permitan mejorar el nivel de servicio en la vía.

- Definir mediante el análisis de los resultados obtenidos la propuesta conceptual que permita optimizar el nivel de servicio actual en la Avenida.

1.4 Justificación

El fenómeno de congestión en el país ha evolucionado rápidamente en las últimas décadas debido a muchos factores; ahora bien, en esta ciudad vemos con preocupación que se requiere la definición de sus causas, lo cual es una tarea por demás compleja porque se involucran muchas variables dentro de las cuales podemos mencionar el crecimiento demográfico acelerado y en algunas zonas sin ningún control urbanístico por parte de las instituciones competentes, el crecimiento del parque automotor, las condiciones geográficas de la ciudad que limitan la expansión de la infraestructura vial y la preferencia por el uso del automóvil particular entre otros; dichos factores inciden drásticamente en los volúmenes de tránsito haciendo insuficiente la infraestructura vial afectando su nivel de servicio.

El corredor vial donde se desarrolla la infraestructura vial existente de la Avenida Eleazar López Contreras, presenta algunas zonas disponibles que pueden ser utilizadas para optimizar el servicio desde el punto de vista de operación y de geometría vial, tomando medidas correctivas necesarias para mejorar su movilidad y en lo posible el nivel de servicio actual, en un todo de acuerdo con los métodos y normativas vigentes, lo cual podría ser implementado por parte de los organismos competentes, permitiendo mejorar el problema de congestión vehicular a corto y mediano plazo, aprovechando de la mejor manera todos los recursos presentes; es decir, utilizando las zonas libres adyacentes a la vía, optimizando el ancho variable de la infraestructura vial existente, reglamentando el uso de paradas de transporte público, estacionamientos y giros a la izquierda, definiendo áreas peatonales y

así garantizar mejoras sustanciales en el nivel de servicio del tráfico y desenvolvimiento de la vida diaria a los habitantes del sector.

1.4.1. Elementos que conforman el problema

No cabe duda que gran parte de los principales problemas que presentan los usuarios de la Avenida Eleazar López Contreras, durante algunas horas del día y prácticamente durante casi todos los días del año son: la reducción de la velocidad, colas, demoras, perdidas de horas hombre, consumo de insumos y combustible, entre otras, dichas características son percibidas directamente por la mayor parte de los usuarios, peatones, quienes utilizan el transporte público y privado y por su puesto los conductores en general. De todo esto podemos deducir que, existen una serie de elementos que contribuyen a la conformación de un problema que concierne a la población en general, y que va en detrimento de la calidad de vida de los usuarios de la vía y habitantes de la zona. Dentro de los aspectos que contribuyen a la evolución de esta situación debemos tener presente que, tanto el desarrollo urbanístico adyacente al segmento de vía en estudio así como también de las zonas aledañas han generado una alta densidad de población y por ende aumento desmedido del parque automotor, contribuyendo a la centralización de los servicios públicos en la zona norte y sur; sin embargo, ha habido una falta de inversión en la infraestructura vial desde todo punto de vista; es decir, desde el mantenimiento normativo que tiene que ver con señalización, demarcación, drenaje de aguas de lluvia, ubicación de servicios públicos, resguardo de áreas de interés público, hasta la intervención de la infraestructura existente que mejoren la capacidad vial.

1.4.2. Incorporación de proyecciones vinculadas con el problema en estudio

La congestión a nivel mundial es un problema que causa preocupación desde muchos puntos de vista, uno de los principales es la pérdida de la calidad de vida de cada una de las personas que debe invertir tiempo adicional en el traslado desde su lugar de descanso hasta donde deba realizar sus actividades, otra y no de menor importancia es la disminución de la movilidad vehicular que se ha visto afectada por una serie de razones entre ellas la urbanización, jerarquización, reglamentación o cambio de uso del suelo y de la infraestructura vial existente. Es por ello que estos fenómenos son objeto de estudios de investigación a nivel mundial, dando como resultado una serie de propuestas de optimización sustentables de bajo costo y alto impacto que sean factibles de ejecutar por los entes gubernamentales y que vayan en pro de un mejor desarrollo de las condiciones de movilidad y por ende de la calidad de vida de los usuarios.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Consideraciones generales

En la últimas décadas se ha comprobado a nivel mundial, el crecimiento demográfico de las poblaciones hacia las periferias de las ciudades, en busca de mejores condiciones de vida entre otras razones dado que la oferta de viviendas y sitios acordes para laborar en las principales ciudades están copados y los existentes son muy bajos, por lo que muchas zonas de este tipo son objeto de cambio de uso en los suelos que permiten la concentración de un gran número de habitantes. Aunado a esto tenemos el crecimiento desmedido del parque automotor, lo que ha exigido la construcción de vías de comunicación que permitan el traslado de forma cómoda y segura de personas desde estas zonas periféricas a las ciudades donde se realizan la mayor parte de las actividades de toda índole que permiten el desarrollo de la población.

Esto ha exigido una gran inversión en infraestructura vial las cuales no cubren las necesidades y demandas del tránsito actual, ocasionando congestionamiento vehicular casi durante todo el día y parte de la noche, llevando consigo un desmejoramiento de la calidad de vida, perdidas de horas hombre, desgaste de las maquinarias de transporte, aumento en el uso de insumos, elevados índices de accidentes y el abuso en la utilización de modos de transporte alternativos (motos) que permitan la movilidad de las personas en horas de congestión así como gastos de combustible muy elevados.

A lo largo de los años se han venido realizando la conformación de nuevos desarrollos habitacionales que ameritan el mejoramiento o ampliación del sistema vial existente, a través de grandes inversiones que generan la construcción de nuevas vías; dichas soluciones se

basan en condiciones de sustentabilidad que puedan ser aplicadas para la optimización de la infraestructura vial existente, por medio del aprovechamiento de los espacios disponibles, modificando las características del tránsito, aplicando mejoras geométricas, maximizando la capacidad de la vía y dando prioridad a la movilidad de los usuarios tanto en vías de flujo continuo como en intersecciones.

Para llevar a cabo estas soluciones se deben conocer cuáles son los focos que generan la congestión en lo referente a la infraestructura vial y a los usuarios, quienes perciben directamente las características favorables y desfavorables del tránsito. Todo esto se puede conocer mediante la elaboración de un estudio de tránsito basado en las condiciones presentes en la vía, siguiendo una metodología que permita analizar los problemas puntuales o específicos, obtener la información requerida de campo, procesamiento de los datos, análisis de resultados y propuestas de soluciones que puedan ser ejecutadas a corto o mediano plazo y que podríamos llamar de bajo costo y de alto impacto. Por todo lo antes expuesto es necesario conocer los conceptos a ser utilizados en el desarrollo del estudio de manera de hacerlo de una forma clara, concisa y entendible.

2.2 Antecedentes

En el presente sub capítulo se expondrán reseñas de importantes investigaciones realizadas que sustentan los planteamientos de este trabajo, ya que es necesario conocer algunos de los avances que han sido estudiados con anterioridad y que están relacionados con propuestas de mejoras a la vialidad o similares, que a su vez servirán de aporte y permitirán tener una visión amplia sobre el tema y de esta manera se podrá para llevar a cabo la investigación.

Ríos (2004)¹ Presenta la Tesis para optar al Título de Arquitecto en el Grado Académico de Licenciado, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Francisco Marroquín de Guatemala. ***Análisis y Propuesta Macroviales para la Ciudad de Guatemala.***

Es uno de los pocos trabajos realizados en el tema. El mismo analiza la problemática de congestión vehicular que atañe a la ciudad de Guatemala, en vista de una serie de factores, los cuales son estudiados con base en estadísticas, analizando las características de la ciudad desde el punto de vista de: crecimiento poblacional, expansión, aspectos económicos, flujos vehicular, aumento del parque automotor, análisis de la trama vial de la ciudad así como su infraestructura. El estudio señala, cómo el aumento de la población genera un crecimiento acelerado y desordenado de la ciudad, lo que va en detrimento de la calidad de vida de los guatemaltecos.

La ubicación geográfica de esta ciudad, es de atractivo para el desarrollo del comercio nacional e internacional puesto que está ubicada entre Centro América y Norte América. De acuerdo a las condiciones topográficas, está enmarcada en un valle rodeado de montañas afectada por varias fallas geológicas.

El desarrollo de este estudio, pretende exponer el grave problema de congestionamiento vial y plantear una serie de alternativas a corto,

mediano y largo plazo, que permitan dar solución al mismo, mediante la implantación de sistemas de transporte más eficientes, buscar nuevas alternativas de rutas con menor recorrido, aumentar la trama vial y evitar el transporte innecesario dentro del casco de la ciudad.

Forlini y Molar (2008)²

La vialidad sostenible ¿Es sostenible en el mundo?

Ponencia expuesta en el IV Simposium “Territorio y Sociedades en un Mundo en Cambio” realizado en Barcelona España.

Esta ponencia explica que si analizáramos la vialidad en todo el mundo, podemos apreciar diferencias urbanísticas y de jerarquización en carreteras, mobiliario urbano y la señalización. De acuerdo a estas diferencias y a la diversidad cultural, el peatón, agentes de tránsito y automovilistas se comportan de manera diferente en cada entorno, es por ello que se presenta un abanico de casos relevantes (investigados personalmente y estudiados a través de documentación bibliográfica realizada por el autor de la ponencia) de educación urbana; así como propuestas para mejorar la condición del tráfico en las ciudades europeas y americanas.

Uno de los factores de mayor importancia en las ciudades de todo el mundo, son las diferencias en la morfología y trazo de las carreteras, el mobiliario urbano y en las señalizaciones, así como también el comportamiento de los automovilistas, peatones y agentes de tránsito, lo cual cambia en relación a la mentalidad de las poblaciones y su conducta, de acuerdo a las regulaciones y normas dictadas por las leyes, así como la problemática más relevante y acciones emprendidas por los Gobiernos, dentro de la evolución de reglas de tránsito definidas, que inducen el comportamiento más adecuado de los ciudadanos, de acuerdo a sus derechos y responsabilidades.

Llegando a concluir de acuerdo al análisis realizado, que los problemas de los peatones son de diversos tipos por ejemplo: falta de continuidad de los acondicionamientos peatonales, barrera arquitectónica en las aceras, ausencia de protección solar indispensable en ciudades tropicales, inseguridad en los cruces de intersecciones, contaminación atmosférica y acústica y falta de contactos sociales en las calles. Donde plantea la política correcta para una vialidad sostenible que sería: Incremento de la oferta de nuevos medios de transporte no contaminantes, dando prioridad al peatón y al uso de la bicicleta, definiendo un diseño urbano que favorezca a los peatones y a los ciclistas; incremento de los medios de transporte público urbano eléctrico, dejando el camión de transporte de mercancías o comercial y circular solamente en los anillos de las carreteras extra-urbanas, la proyección de amplias áreas peatonales con estacionamientos subterráneos en sus proximidades contando con canales para bicicletas, la proyección de áreas peatonales concebidas como lugares de encuentro, de recreación y de convivencia, lo cual no sucede en muchos de los países como los de Norteamérica, donde el protagonista es el automóvil en lo referente a la movilidad, de acuerdo a los planes urbanísticos y culturales.

Para solucionar esta problemática se propone: facilitar el caminar como sistema de transporte económico, sostenible y saludable, diseño e implementación de políticas urbanas enfocadas a la creación de “ciudades vivibles a medida del hombre, con el objetivo de reducir las distancias entre las diversas actividades que se dan en la vida diaria”, incremento en la seguridad y la calidad urbana en favor de los peatones, la planificación de infraestructuras de transporte público, limpio ecológicamente, económico y cómodo, que la red de caminos peatonales debe cubrir la totalidad del área urbana y dotar de zonas seguras, directas y atractivas conexiones entre espacios residenciales, escuelas,

lugares de trabajo, comercios, centros de servicios, áreas de esparcimiento, terminales, paradas del transporte, áreas de estacionamiento, el diseño de las infraestructuras peatonales y el paisaje urbano debe contribuir a un atractivo "entorno peatonal", el tránsito peatonal debe ser "sin barreras", con un mantenimiento óptimo, los reglamentos y normas tendrían que dar más importancia al peatón, las leyes de tráfico deben dar la prioridad de paso a los peatones, deben imponerse sanciones elevadas, tanto a los conductores y peatones que no acaten la reglamentación.

Guzmán (2011)³

Optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible, en áreas metropolitanas.

Tesis para optar al título de Doctor en la Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En los últimos años ha habido un debate a nivel europeo referente a la interacción entre la demanda de viajes y el entorno urbano. La alta dependencia y el uso intensivo del automóvil en las zonas urbanas son vistos con preocupación creciente, ya que están conduciendo los sistemas de transporte hacia escenarios insostenibles. Estos escenarios hacen que la planificación a largo plazo, tenga una gran relevancia para tratar de invertir esta tendencia. Para poder alcanzar escenarios urbanos sostenibles, debe existir una planificación integrada que se base en el desarrollo de estrategias que busquen maximizar sus efectos positivos combinados y mitigar los negativos.

Se propone un nuevo método que sirva de apoyo al proceso de planificación y toma de decisiones a largo plazo, con el fin de alcanzar escenarios de movilidad sostenible. En el proceso de planificación

integrada del transporte, se plantean problemas difíciles que requieren frecuentemente la aplicación de técnicas matemáticas complejas. Frente a una aproximación tradicional, donde se aborda el problema desde una perspectiva estática y a corto plazo, se quiere aprovechar las ventajas que brinda la combinación de un modelo dinámico de usos del suelo y transporte (LUTI) y una rutina de optimización a lo largo del tiempo. El hilo conductor de esta investigación, se basa en el desarrollo e integración de dichos subsistemas que aunque aplicados a escenarios distintos, conservan una entidad propia y podrían ser utilizados en diversos ámbitos.

Para la optimización de un problema, existen varios algoritmos según la forma de la función, objetivo, el conocimiento derivativo, la capacidad de cómputo y los requisitos para la tasa de convergencia, entre otros. En este caso, las funciones a optimizar no son explícitas, ya que las medidas pueden variar, lo que hace que el método sea flexible y permita adecuarse a necesidades específicas.

Después de haber realizado, una revisión de métodos de optimización que se adecuen a esta problemática concreta y teniendo en cuenta la complejidad de las relaciones y ciclos causales del modelo LUTI utilizado (que en la mayor parte de los casos no son relaciones lineales) y una función objetivo compleja, cuya composición hace prácticamente imposible obtener derivadas (involucra un grupo de estrategias variadas), se ha escogido como algoritmo de optimización el método modificado de Powell, el cual es considerado como el más adecuado para este tipo de problemas.

La investigación ha desarrollado y comparado dos enfoques distintos para el diseño, la evaluación y la optimización de medidas de transporte urbano a nivel estratégico. El primer enfoque se ha basado en un análisis costo-beneficio (CBA) dinámico, aplicando valores monetarios a los diferentes componentes de la sostenibilidad: eficiencia, equidad y medio

ambiente. Con esta evaluación se pretende maximizar el bienestar social según una función objetivo previamente definida. El segundo enfoque, utiliza los mismos criterios de sostenibilidad y está definido por una función multi criterio (MCA), donde se pretende satisfacer el desarrollo sostenible de un sistema de transporte urbano, estableciendo prioridades según las percepciones de un panel de expertos locales. Finalmente, como un enfoque alternativo, se presenta un análisis de la eficiencia económica de políticas de transporte que implican el recaudo de nuevos ingresos.

En conclusión, el resultado general de esta investigación es una propuesta de un método de evaluación estratégica, que permite la optimización de servicios de transporte urbano, mediante la definición de escenarios de: oferta, movilidad, medio ambiente y consumo energético a largo plazo.

Este desarrollo ha sido aplicado en un caso de estudio a la Comunidad de Madrid, junto con el modelo LUTI estratégico y la rutina de optimización integrada y automatizada. Los escenarios estudiados en el caso práctico muestran evidencias de diferentes tipos de sinergias y en diferentes proporciones, lo cual ha permitido estudiar el comportamiento general y los impactos de diferentes grupos de medidas actuando en conjunto sobre un sistema dinámico y complejo, como lo es una zona urbana.

2.3 Esquema del marco teórico

A continuación se describen los conceptos de los diferentes de los puntos a ser tratados en el presente trabajo, con la finalidad de hacer el contexto entendible y fácil de manejar.

- 2.3.1. Conceptos básicos de vialidad
- 2.3.2. Vialidad urbana
- 2.3.3. Transito
- 2.3.4. Diseño geométrico de vialidad
- 2.3.5. Estadística descriptiva
- 2.3.6. Descripción de la vialidad urbana de acuerdo al Plan de Ordenamiento Urbanístico Local PDUL
- 2.3.7. Metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵ para el análisis de capacidad y operación, específicamente Capítulos 17, 18 y 19
- 2.3.8. Descripción de Medidas de Bajo Costo

2.3.1 Conceptos básicos de vialidad

Seguidamente se presentan los aspectos más importantes a ser tratados en el tema de vialidad.

- 2.3.1.1 *Vía o calle:* Área rural o urbana del espacio público o privado, destinada al tránsito de personas, animales y vehículos, permitiendo además el acceso a edificios que aparecen dispuestos a ambos lados de la mencionada vía.
- 2.3.1.2 *Red Vial:* Es toda superficie terrestre, pública o privada, por donde circulan peatones y vehículos. Permite la comunicación entre localidades cercanas y poblaciones distantes, que está señalizada bajo los reglamentos de la jurisdicción, responsables de la aplicación de las leyes de tránsito.

2.3.1.3 *Movilidad*: Representa la acción realizada por personas y bienes, de moverse de un sitio a otro, considerando los impactos que cada modo de transporte tiene sobre el bienestar de las personas, la calidad del entorno urbano y el medio ambiente. El grado de movilidad se puede representar por: el volumen de tráfico de paso, la velocidad de operación, la seguridad y comodidad, cuando se viaja.

2.3.1.4 *Accesibilidad*: Representa la cantidad de vehículos y personas que tienen acceso a propiedades adyacentes, dicho acceso puede ser: estacionamientos en la vía, entradas a estacionamientos o garajes públicos o privados, acceso a vías públicas o privadas. A mayor movilidad menor accesibilidad y viceversa.

2.3.1.5 *Clasificación de las Vías*:

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

- De acuerdo a la Ubicación Geográfica
 - Vías Rurales: Situadas fuera del ámbito urbano.
 - Vías Urbanas: Enmarcadas dentro del área urbana.
- Según la Divisoria Central
 - Vías No divididas
 - Vías Divididas: Cuando existen una divisoria central entre ambos sentidos de circulación. Con separador central físico menor de 1.20m o Isla central máximo 24m.

2.3.1.6 *Desde el punto de vista de su función*: las vías urbanas cumplen dos funciones primordiales que son movilidad y accesibilidad, ambas se consideran contrapuestas; es decir, a mayor movilidad menor es la accesibilidad. El grado de movilidad es determinado por el volumen de paso, la velocidad de operación y por la capacidad de la vía, mientras que el grado de accesibilidad está determinado por la cantidad de vehículos y

personas que tienen acceso a las propiedades adyacentes a la vía.

- *Autopistas*: Vía dividida cuya única función es la de dar movimiento al tráfico de paso, tiene control total de accesos para conectarse con otras vías a desnivel. Vías de alta velocidad y altos volúmenes.
- *Vía Expresa*: Vía dividida cuya función primordial es la de dar movimiento al tráfico de paso, tiene control total o parcial de accesos para conectarse con otras vías a nivel o desnivel, vías de alta velocidad y altos volúmenes.
- *Vías Arteriales*: Son vías que dan prioridad al tráfico de paso pero permiten el acceso de otras vías públicas o privadas por medio del diseño geométrico. Se pueden conectar con autopistas y vías expresas.
- *Vías Colectoras*: Dan acceso directo a parcelas adyacentes, los volúmenes de tráfico de paso son menores, permiten viajes cortos, los controles de tránsito y de velocidad se logran con el diseño geométrico. (Urbanizaciones)
- *Vías Locales*: Su función primordial es dar acceso a las parcelas adyacentes, no hay tráfico de paso, no permite viajes largos ni altas velocidades y pueden ser calles ciegas.

2.3.1.7 Clasificación Oficial:

- *Troncales*: Carreteras que contribuyen a la integración nacional y al desarrollo económico de un país, permiten la interconexión regional e internacional y absorben altos volúmenes de tránsito. Alcance nacional.
- *Locales*: Son carreteras que permiten la comunicación entre centros poblados y las vías troncales y tienen como función unir el tráfico proveniente de ramales y sub-ramales. Alcance Estatal.

- *Ramales*: Tiene por finalidad complementar otros medios de comunicación, recolectan el tránsito proveniente de asentamientos agrícolas, sitios aislados y centros de producción agrícola y drenarlos hacia las vías principales.
- *Sub-ramales*: Este sistema proveerá acceso a fundos y otras explotaciones agrícolas y además tiene la finalidad de incorporar al país regiones completamente aisladas. Alcance local de corto recorrido.

2.3.1.8 Clasificación Funcional

Según la American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (2001)¹³:

Los cuatro sistemas funcionales de avenidas para áreas urbanas son: Arteriales Principales Urbanas, arteriales menores, colectoras y locales. Las diferencias radican en la naturaleza y la intensidad de desarrollo en las zonas, que justifican las características del sistema urbano en relación con los sistemas rurales.

- *Sistema Arterial Principal Urbano*: En cada entorno urbano, un sistema de calles y avenidas puede ser identificado como en términos de la naturaleza y composición de los viajes que sirve. En áreas urbanas pequeñas (Población menor de 50.000 hab), estas vías pueden ser muy limitadas en número y extensión, y su importancia puede ser derivada principalmente del servicio prestado a través de los viajes, su importancia radica también del servicio al tráfico orientado ruralmente o incluso el más importante, desde el servicio de los principales movimientos de circulación dentro de éstas áreas urbanas. El sistema arterial urbano sirve a los principales centros de actividad de las áreas urbanas, los corredores de mayor volumen de tráfico, el viaje más largo y lleva una alta proporción del total de la zona urbana

a pesar de que constituye un porcentaje relativamente pequeño del total de la red vial.

El sistema debe ser integrado tanto a nivel interno como entre las principales conexiones rurales. El sistema arterial principal lleva la mayor parte de los viajes de entrada y salida de la zona urbana, así como la mayor parte de los movimientos realizados a través de ciudad, es decir tráfico inter urbano y extra urbano entre las zonas importantes, zonas comerciales y residenciales periféricas, principales comunidades urbanas, y los principales centros suburbanos. Debido a la naturaleza del recorrido servido por el sistema arterial principal, requiere totalmente de facilidades de acceso parcialmente controlados. Sin embargo, este sistema no está restringido a las rutas de acceso controlado. El sistema arterial principal debe ser estratificado de la siguiente manera: (1) autopistas interestatales, (2) otras autopistas, y (3) otras arterias principales con control parcial o nulo de acceso.

El espaciamiento de las principales arterias urbanas está estrechamente relacionada con la densidad de los viajes y las características de las partes particulares de las zonas urbanas. Aunque hay una regla separación firme que se aplica en la totalidad o incluso en la mayoría de circunstancias, la separación entre arterias principales (en las zonas urbanas más grandes) pueden variar desde menos de 1.6 km en las áreas centrales de comercios altamente desarrollados a 8 km o más en los márgenes urbanos escasamente desarrollados.

En las avenidas principales, el servicio a tope la tierra está subordinado al servicio de viajes al tráfico importante

- *Sistema Arterial Menor Urbano*: El sistema interconecta las arteriales menores con las arteriales principales del sistema

urbano. Tiene capacidad para viajes moderadamente largos con un nivel más bajo de movilidad que las arteriales principales. Este sistema distribuye los viajes a las zonas geográficas más pequeñas que las identificadas con el sistema superior. Incluye todas las arteriales no clasificadas como principales. Pone más énfasis en la accesibilidad que en la movilidad que ofrece el sistema principal. Puede llevar a rutas de autobuses locales y dar continuidad al interurbano pero idealmente no accede a zonas urbanizadas. Incluye conexiones urbanas a por razones internas. El espaciamiento de las calles arteriales menores puede variar de 0.2 a 1.0 km en la zona urbana central y de 3 a 5 km en las franjas suburbanas, pero normalmente no es más de 2 km en áreas completamente desarrolladas.

- *Sistema Colector Urbano*: Proporciona servicio de acceso en áreas urbanas residenciales y la circulación de tráfico dentro de zonas residenciales populares y zonas comerciales e industriales. Se diferencia del sistema arterial en que la infraestructura en el sistema colector puede penetrar los barrios residenciales, para la distribución de los viajes de las arteriales a través del área a sus destinos finales. El sistema colector también puede llevar a rutas de autobuses locales.
- *Sistema Local Urbano*: El sistema local comprende todas las instalaciones excluidas los sistemas anteriormente nombrados. Su función es principalmente dar acceso directo y conexiones a los sistemas de orden superior. Ofrece el nivel más bajo de movilidad y por lo general no contiene las rutas de autobús. Posee la distribución típica de volumen de los viajes y la longitud del camino de los sistemas funcionales para las zonas urbanizadas.

2.3.1.9 *La infraestructura vial*: Constituye los elementos o conjunto de elementos y servicios que conforman una vía.

- *Sección transversal*:

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

Es la intersección de la vía con un plano vertical perpendicular en un punto cualquiera. De acuerdo a la explanación (superficie de terreno donde será modificada la topografía natural y sobre la que se construirá la vía respecto al terreno natural).

De acuerdo a la explanación las secciones transversales se clasifican en: Trinchera, Ladera, Terraplén, Media Ladera.

2.3.1.10 *Elementos de la Sección Transversal*:

- *Derecho de vía*: Es la franja o parte del terreno, de propiedad privada, que tiene un uso limitado por una reglamentación de carácter local o nacional. Se trata, por lo general, de franjas de terreno por donde pasan infraestructuras de propiedad del estado. Los usos permitidos para estas áreas dependen del motivo por el cual han sido declaradas de uso limitado.
- *Zona de Movimiento de Tierra*: Es la zona que se encuentra dentro de los chaflanes de corte o relleno.
- *Chaflanes*: Punto de intersección de los planos formados por los taludes de corte o relleno con la superficie del terreno natural.
- *Explanación*: Superficie de terreno donde se ha modificado la topografía natural y sobre la cual se construirá la vía.
- *Plataforma*: Parte de la vía destinada al uso de los vehículos, está conformada por: los canales de uso continuo y auxiliar y los hombrillos. Si tenemos una carretera dividida sin vías de servicio, tienen dos plataformas.

- *Calzada*: Es la parte de la plataforma destinada al movimiento de los vehículos de la corriente principal. Solo incluye los canales de tránsito, no se incluyen los hombrillos ni los canales auxiliares.
- *Canales de tránsito*: Forman parte de la calzada y sirven para la circulación de los vehículos.
- *Canal de giro*: Forman parte de la calzada y tiene como función albergar cierto número de vehículos que tengan la necesidad de girar bien sea a la derecha o a la izquierda.
- *Hombrillos*: Forman parte de la plataforma, están adyacentes a la calzada y están destinados a estacionamientos, cambios de velocidad o se usan como canales de giro. Cumplen además con las siguientes funciones: soporte a las capas del pavimento, aumentan la visibilidad en la curvas, aumenta la capacidad de volumen de servicio, protege a la calzada de la humedad.
- *Canal de estacionamiento*: Área de la plataforma, adicional a los canales de circulación y hombrillos, destinada al estacionamiento de vehículos públicos o privados, los cuales pueden ser controlados por tiempo, de acuerdo a las ordenanzas de la zona.
- *Parada de transporte público*: Área de la plataforma, destinada al uso del transporte público para cargar o descargar pasajeros.
- *Zona de estabilización*: Espacio adicional adyacente a la plataforma construida en zonas de terraplén, cuyas funciones son: proteger la estructura del pavimento de la humedad y socavación, aumentar la visibilidad, proveer espacio adicional para la colocación de defensas que

impidan el descarrilamiento de vehículos, señales de tránsito, iluminación, entre otros.

- *Berma*: Zona longitudinal paralela a la carretera construida entre el borde de la cuneta y el pie del talud de corte, cuya función es la de proteger la estructura del pavimento, mejorar la visibilidad, darle estabilidad al talud de corte, sirve de depósito al material que pueda desprenderse del talud e impedir que llegue a la calzada, también funciona como drenaje natural.
- *Taludes de corte o relleno*: Pendiente que se les da a los planos que conforman los terraplenes y cortes, para que alcancen su ángulo de reposo de manera segura, se mantengan estables a lo largo del tiempo.
- *Terrazas*: Son pequeñas bermas que se construyen en el talud de corte con la finalidad de disminuir la altura o cambiar la pendiente de los taludes buscando su estabilidad de los mismos.

2.3.2 Vialidad urbana

Los conceptos requeridos en este capítulo serán desarrollados a continuación:

- 2.3.2.1. *Rasante*: Línea que expresa en el alineamiento vertical las cotas del pavimento acabado.
- 2.3.2.2. *Subrasante*: Línea que determina la cota de fundación de la estructura del pavimento.
- 2.3.2.3. *Obras de drenaje*: Estructuras que se encargan de recolectar, conducir y descargar el agua superficial, para garantizar la seguridad del tráfico, evitar daños al pavimento o a estructuras adyacentes.

- 2.3.2.4. *Drenaje longitudinal*: Permite la conducción y canalización de las aguas de escorrentía superficial paralelamente a la vía, mediante de estructuras de diferentes formas y dimensiones (cunetas, canales, etc.).
- 2.3.2.5. *Cuneta*: Estructura de drenaje construida paralelamente a la vía cuya función es recoger el agua de escorrentía superficial proveniente de la calzada, estructuras o taludes adyacentes hasta un sitio de descarga.
- 2.3.2.6. *Acera*: Área paralela a la calzada que permite el desplazamiento de peatones, se construye generalmente de pavimento de concreto a una cota superior a la calzada y cuyas dimensiones mínimas dependen de las ordenanzas de cada zona y de los volúmenes de peatones que la requieren.
- 2.3.2.7. *Brocal*: Estructura de menor dimensión que se construye al borde del pavimento para canalizar el agua de la calzada, evitar que socave la estructura del pavimento, conducirla y descargarla en un sitio seguro que no interfiera con la seguridad del tráfico.
- 2.3.2.8. *Drenaje Transversal*: Como su nombre lo indica son estructuras que se construyen transversalmente a la vía para permitir: el cruce de cauces naturales, captar el caudal de: brocales, cunetas, canales, caídas, torrenteras, etc.; y conducirlo hasta una descarga segura que no afecte la vía.
- 2.3.2.9. *Sumideros de rejilla*: Estructura de drenaje que se construye generalmente perpendicular al eje de la vía, en zonas urbanas para drenar el caudal generado en la calzada, son ubicados en los puntos donde cambia la pendiente de la vía o donde el estudio hidráulico lo requiera. Dichos sumideros deben ser conectados a un colector para su descarga.

- 2.3.2.10. *Sumideros de ventana*: Estructura de drenaje que se construye paralelamente al eje de la vía en zonas urbanas, se ubican debajo de la acera y se conectan entre sí por medio de un colector principal para su descarga.
- 2.3.2.11. *Colector de aguas de lluvia*: Conducto subterráneo que conduce las aguas pluviales procedentes de los tejados y de las superficies pavimentadas hasta su descarga.
- 2.3.2.12. *Poste*: Pilar o columna de madera, concreto, metal, etc., colocado verticalmente para servir de apoyo o de señal. En zonas urbanas se utilizan como apoyo a líneas de electricidad, teléfono, etc.
- 2.3.2.13. *Servicios públicos*: Conjunto de servicios o actividades que se realizan en cualquier zona urbana de cada Estado, cuya competencia es gubernamental y por ello se encarga de la administración de los mismos.
- 2.3.2.14. *Acometida*: En las instalaciones eléctricas se llama acometida a la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora del servicio hasta la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica.

2.3.3 Transito

Los conceptos referidos al tránsito y que son necesarios para el desarrollo de esta investigación son descritos a continuación:

- 2.3.3.1. *Ingeniería de tránsito*: Es la rama de la ingeniería de transporte cuyo objetivo es el movimiento seguro y eficiente de peatones y vehículos por vías terrestres, además se encarga de la planificación, diseño geométrico y administración del tráfico en carreteras
- 2.3.3.2. *Tránsito*: Es el movimiento o circulación de peatones o vehículos cuando se trasladan de un lugar a otro.

2.3.3.3. *Tráfico de Paso*: Tráfico que no tiene ni origen ni destino en la vía de estudio.

2.3.3.4. *Elementos del tránsito*:

- *El conductor*: Es indispensable conocer las principales características de los conductores para lograr un proyecto y una operación eficaces de la infraestructura vial: Vista (agudeza visual: estática y dinámica) (campo visual), experiencia y/o destreza, tiempo de reacción (la rapidez con que puede responder a circunstancias inesperadas), edad, fatiga, complejidad de la conducción del vehículo y del entorno, problemas físicos, consumo de sustancias alcohólicas o drogas.
- *El peatón*: En la planificación, proyecto y operación de la infraestructura vial se deben tomar en cuenta las características de diversos tipos de peatones. Por ejemplo: el tiempo de cruce de los peatones es normalmente un parámetro con el que se fija el tiempo mínimo de luz verde de los semáforos, si hay elevados volúmenes peatonales y serios conflictos de los transeúntes con los vehículos automotores, puede ser necesario construir pasos peatonales a desnivel o implantar medidas específicas para garantizar la seguridad de las personas que circulan a pie; los discapacitados requieren diseños especiales
- *El ciclista*: Debe ser tomado en cuenta en la planificación de las vías, ya que forma parte de los elementos del tránsito, hoy en día la bicicleta no es un vehículo universal, que pueda servir a todos los ciudadanos, para cualquier destino o circunstancias; como tampoco lo es el automóvil, cuyo acceso es limitado a una parte de la población por motivos tales como la edad, condición y física. Pero aun así, la

bicicleta tiene un gran potencial de uso que debe ser aprovechado en los sistemas de transportes actuales.

- *El Vehículo:* Automóviles (2 ejes y 4 ruedas), Camiones (más de 2 ejes y más de 4 ruedas), Autobuses (más de 2 ejes o articulados), Vehículos de dos ruedas, otros Vehículos.
- *La Vía:* Desde el punto de vista de sus funciones se clasifican tomando en consideración la movilidad y la accesibilidad. Dependiendo del medio geográfico se clasifican en Rurales y Urbanas, dependiendo de la forma de circulación, se clasifican en vías de circulación continua y discontinua.
- *El Medio Ambiente:* Es el entorno a la vialidad en su estado natural adaptado a las condiciones de la vía, que permita que el impacto vial o la contaminación no cause molestia a los usuarios y permita un desarrollo sustentable de la naturaleza en la zona.

2.3.3.5. Nivel de Servicio (LOS)

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. De los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que se relacionan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como el ancho de los canales, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

2.3.3.6. *El Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)*⁵ (HCM): Es un método publicado por la Junta de Investigación del Transporte (TRB) en Estados Unidos. Contiene conceptos, directrices y procedimientos de cálculo para estimar la capacidad y calidad de servicio de las instalaciones de una vía, incluyendo autopistas, multicanales, carreteras arteriales, redomas, semáforos, intersecciones rurales con control de prioridad, carreteras dos canales, y los efectos del transporte público, peatones y bicicletas en el rendimiento de estos sistemas. Se han realizado varias ediciones con procedimientos mejorados y actualizados desde 1950 hasta 2010, con actualizaciones importantes en el HCM edición de 1985, en 1994 y 1997. Dicho manual ha sido referencia mundial para el diseño de transporte y para profesionales académicos de ingeniería de tráfico. Esta última edición actualiza considerablemente las metodologías que los ingenieros y planificadores utilizan para evaluar el tráfico y los efectos ambientales de los proyectos de carreteras. Los capítulos aplicados para este trabajo. El Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵ HCM ha establecido seis Niveles de Servicio denominados: A, B, C, D, E, y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación de la vía.

- *Nivel de Servicio A*: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

- *Nivel de Servicio B:* Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El Nivel de comodidad y conveniencia comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.
- *Nivel de Servicio C:* Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El Nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
- *Nivel de Servicio D:* Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.
- *Nivel de Servicio E:* El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su Capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños

aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

- *Nivel de Servicio F*: Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

2.3.3.7. *Volumen de Tránsito*:

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

Es el número de vehículos o peatones que pasan por una sección de vía por unidad de tiempo, durante un periodo de tiempo determinado. Se puede expresar en: Veh/año, Veh/mes, Veh/día, Veh/h, Veh/min, Veh/s. Se considera que un vehículo pasa, cuando su extremo trasero pasa por la sección.

2.3.3.8. *Composición del Tránsito*: Es el porcentaje de cada tipo de vehículo en la corriente de tráfico.

2.3.3.9. *Características del Tránsito*: El volumen del tránsito varía en gran medida en función de numerosos factores particulares de cada lugar y de su área de influencia, lo cual es ampliamente notable si se mide en forma horaria, diaria, mensual y anual, dichas variaciones son representadas por: la composición del tráfico, la distribución por dirección y por canal, el tipo de vía, entre otros.

- *Vías Urbanas*:
 - Los volúmenes horarios en días laborables, presentan picos pronunciados en ciertas horas del día.
 - La variación diaria del volumen en días laborables no es muy pronunciada, normalmente los volúmenes altos

ocurren los viernes, mientras que los fines de semana y días feriados dichos valores disminuyen.

- Las variaciones mensuales de tráfico son poco notables, se nota cierta disminución en épocas de vacaciones estudiantiles.
 - Durante las horas pico, hay gran acumulación de automóviles y transporte público. Esto debe tenerse en cuenta para el diseño de paradas
 - Los vehículos pesados no deben circular en horas pico por la ciudad.
 - La demanda de estacionamientos se hace mayor en zonas del centro o donde se concentren actividades de gestión pública.
 - Se debe tener muy en cuenta la presencia de peatones.
- *Vías Rurales:*
 - No hay horas pico pronunciadas en días laborables.
 - La variación diaria del tráfico en días laborables es baja pero aumenta los fines de semana y días festivos.
 - En épocas de vacaciones estudiantiles los volúmenes aumentan.
 - El volumen de vehículos de transporte público es bajo
 - El tráfico de camiones es alto durante las horas del día.

2.3.3.10. *Demanda de Tránsito:* Es el número de vehículos que desean pasar por una sección de una vía durante un periodo de tiempo determinado. Cuando el nivel de servicio de una vialidad llega a su capacidad, la demanda no puede ser satisfecha, entonces puede decirse que el volumen de vehículos es mayor que la capacidad de la vía, por lo tanto los usuarios experimentan la formación de colas y por ende se hace presente el fenómeno de congestión.

2.3.3.11. *Transito Diario Promedio (TDP)*: Es el promedio de los volúmenes diarios del tráfico que pasan por una sección de una vía durante los 365 días del año. Se expresa en Veh/día para ambos sentidos de circulación. Es el valor más usado en estudios de transporte. Para determinar los volúmenes de tránsito se hacen conteos de diferente duración y en diversos sitios y se calcula por la siguiente Ecuación 2.3.3-1.

Ecuación 2.3.3-1

$$TDP = \frac{\sum \text{Volúmenes Diarios durante un año}}{365}$$

2.3.3.12. *Rata Horaria de Flujo*: Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, expresado como volumen de una hora. También se identifica como el volumen de tráfico en un periodo cualquiera de tiempo inferior a 1 hora (3, 4, 5, 10 o 15 min) expresado como un volumen horario. Estos volúmenes por lo general se miden en periodos de 3, 4, 5, 10 o 15 minutos ya que estos valores son múltiplos de 60 minutos que tiene 1 hora y de esta manera el volumen de esos lapsos se pueden expresar en veh/h, siempre deben completar una hora, a continuación se presenta la Ecuación 2.3.3-2, que permite el cálculo de la Rata de flujo de 1 hora.

Ecuación 2.3.3-2

$$\text{Rata de Flujo (1hora)} = \frac{\sum \text{Volúmenes en los periodos (3,4,5,10 o 15)} \times 60}{\text{Período en minutos (3,4,5,10 o 15)}}$$

Es importante mencionar que el tránsito no se comporta de igual manera en todos los casos, aun cuando se tengan los mismos volúmenes de vehículos en una hora, ya que los

mismos dentro de ese espacio de tiempo pueden ser diferentes, lo cual nos indica que tendremos valores de ratas de flujo diferentes en la misma hora. Por esta razón es importante conocer el Factor de la Hora Pico.

2.3.3.13. *Factor de la Hora Pico (FHP)*: Es el valor del volumen de una hora dividido entre el volumen máximo de 15 minutos de la misma hora. También se puede expresar como el valor que se obtiene de la relación entre el Volumen que ocurre en una hora y la Máxima Rata Horaria de Flujo, durante un periodo especificado, pero siempre dentro de la hora de estudio. El período más usado es el de 15 minutos. A continuación se presentan las Ecuaciones 2.3.3-3 y 2.3.3-4 mediante las cuales se puede obtener dicho valor.

Ecuación 2.3.3-3

$$FHP = \frac{\text{Volúmen de Vehículos durante 1 hora}}{\text{Rata de Flujo Máxima en un periodo de 15min}}$$

Ecuación 2.3.3-4

$$FHP = \frac{\text{Volúmen de Vehículos durante 1 hora}}{4 \times \text{Máximo Volúmen de Vehículos en un período de 15min}}$$

El Factor de la Hora Pico (FHP) es una medida de consistencia de la demanda, este valor varía entre: 0.25 cuando tenemos que todo el volumen en la hora pasa solo en 15min. y 1.00 cuando el tráfico es uniforme durante toda la hora.

2.3.3.14. *Volumen de Diseño o Volumen Horario de Proyecto (VHP)*

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

Una vía debe diseñarse con los criterios de seguridad, accesibilidad y movilidad, entre otros. Los cuales exigen ciertas características geométricas mínimas en las vías.

Denominamos Volumen de Diseño o Volumen Horario de Proyecto (VHP) al volumen horario total del tránsito en ambos sentidos que se emplea para proyectar geométricamente una vía y a que cumpla con los criterios antes mencionados. Hasta ahora conocemos el Tránsito Diario Promedio (TDP); sin embargo por ser un promedio, no es aconsejable utilizarlo en el diseño de una vía, ya que esta resultaría congestionada un gran número de días durante el año cuando ese volumen supere al promedio. Como el volumen de vehículos varía durante cualquier día, existen picos en algunos periodos del mismo, por lo tanto se recomienda escoger un periodo de tiempo más corto para lo cual se recomienda una hora.

2.3.3.15. *Determinación del Volumen Horario de Proyecto (VHP)*

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

Como en cada hora del día el volumen del tráfico es diferente, igualmente el volumen diario varía, por lo tanto gran parte de las horas del año los volúmenes son diferentes. Si tenemos una estación de medida de los volúmenes de vehículos durante todas las horas de todo año, podemos calcular el TDP. Si ahora comparamos este valor, con el mayor valor de los volúmenes horarios parciales, resultaría una vía muy antieconómica puesto que este valor no se repite durante el año, ahora si escogemos un valor muy pequeño, tendríamos mucha congestión. Podríamos calcular un promedio ponderado dividiendo el TDP/24 horas pero la congestión sería mayor. Es por ello que, en vías rurales se recomienda luego de muchos estudios realizados, resolver el problema de la siguiente manera:

- Los valores de los volúmenes horarios durante el año se ordenan de mayor a menor.

- Como los volúmenes son horarios, se van acumulando las horas.
- Se calcula el TDP = sumatoria de los volúmenes / 365
- Se calcula %TDP para cada hora = Volumen / TDP x 100
- Se procede a graficar dichos valores, en las abscisas se colocan las horas acumuladas y en las ordenadas el %TPD
- Se obtiene una curva, que se ha demostrado que es igual en la mayoría de las carreteras, donde podemos ver que, generalmente, en la hora 30 se produce el cambio más fuerte de pendientes, lo cual nos indica que:
 - o Este valor es excedido apenas 29 horas al año.
 - o A la derecha de la hora 30, muchas horas del año el tráfico se comporta de la misma manera.
 - o Como la pendiente de la curva a la izquierda de la hora 30 aumenta drásticamente, si tomamos un valor menor a la hora 30 el diseño de la vía sería muy costoso.
 - o Si tomamos un valor mayor a la hora 30, la vía sería más económica pero la congestión aumentaría.
 - o El valor de %TDP obtenido en las ordenadas cuando la Hora = 30, será el Factor de la Hora 30 = K, entonces mediante la Ecuación 2.3.3-5 se calcula el VHP:

Ecuación 2.3.3-5

$$VHP = TDP \times K$$

En vías urbanas el porcentaje de PDT lo determina la hora pico.

2.3.3.16. Volumen Horario de Proyecto Direccional (VHPd):

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

El VHP viene expresado normalmente en vehículos totales en ambas direcciones, sin embargo el tráfico no se distribuye en forma balanceada, sobre todo en horas pico. Es por ello que

el porcentaje de tráfico en la dirección de mayor flujo se le denomina Factor de Distribución Direccional “D” y se calcula mediante la Ecuación 2.3.3-6.

Ecuación 2.3.3-6

$$D = \frac{\text{Mayor Volumen en una Dirección}}{\text{Sumatoria de volúmenes en ambas direcciones}} \times 100$$

2.3.3.17. *Estudio de Tránsito*: Es el que permite hacer la evaluación de la situación actual de una vía o para estudiar la factibilidad de una nueva, en la cual se hace un diagnóstico de la demanda vehicular, es suficiente considerar para el estudio el volumen horario; sin embargo, a los efectos de análisis requiere los volúmenes en horas pico.

2.3.3.18. *Conteos Vehiculares*: Tiene como objetivo conocer el número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto de la red vial, en un periodo de tiempo dado y se realizan dependiendo del uso que se le dará al mismo; sin embargo para el presente trabajo, el periodo determinado para realizar los conteos tiene que ver con las recomendaciones del Manual *HCM Highway Capacity Manual (2010)*⁵, para la evaluación de desempeño del segmento de vía en estudio, la metodología está basada en el supuesto de que las condiciones del tráfico son constantes durante los períodos de análisis; sin embargo recomienda rangos para dichos períodos oscilan de 0,25h a 1 h, ya que las condiciones del tráfico en general no son estables por largos periodos de tiempo, las duraciones de conteos mayores a una hora son recomendadas para análisis de planificación.

2.3.3.19. *Fases de un Estudio de Tránsito:* Dependiendo del tipo de estudio que se requiere realizar, tenemos los tipos de mediciones que se pueden utilizar:

- Conteos o aforo de vehículos
- Para cuantificar volúmenes actuales de tránsito con las condiciones presentes y pronosticar los volúmenes que serán atraídos y producidos como resultado de su rehabilitación y mejoras, también para determinar los niveles de servicio en que operará esta carretera durante su vida útil
- Encuestas de origen y destino
- Estudios de velocidad
- Estudios de cargas por ejes
- Análisis de capacidad de la vía
- Determinación de los niveles de servicio

2.3.3.20. *Intersecciones a nivel:* Corresponde el área común que se genera cuando se intersectan dos o más vías a un mismo nivel y que es utilizada por los usuarios cuando requieren realizar cambios de dirección en su recorrido, dicha confluencia genera puntos de conflicto vehicular.

2.3.3.21. *Puntos de conflicto:* Es el que se genera cuando existe un punto en común a la trayectoria de dos movimientos vehiculares que no puedan realizar el recorrido paralelamente, los cuales pueden ser de convergencia, divergencia, cruce y entrecruce.

- Convergencia: cuando dos movimientos con origen diferente toman un punto en común.
- Divergencia: cuando dos movimientos provenientes de una vía en común se separan en direcciones diferentes.

- Cruce: cuando dos movimientos con diferente origen se dirigen a destinos distintos y cuyas trayectorias no son paralelas.
- Entrecruce: cuando dos movimientos que circulan por una misma vía o dos vías convergentes, intercambian de canal.

2.3.3.22. *Velocidad*

Guido Radelat (2003)⁶ describe:

La velocidad es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que ha empleado en realizar ese recorrido.

La velocidad es una medida básica del rendimiento del tráfico y puede ser utilizada como parámetro de medición de economía, seguridad, tiempo, confort y conveniencia.

2.3.3.23. *Velocidad de operación*: Manual Técnico de Transito, Transporte y Vialidad Urbana (2004)⁷ describe: Distancia dividida entre el tiempo total de recorrido del vehículo, que incluye tiempo de marcha y demoras.

2.3.3.24. *Velocidad de Recorrido o velocidad media espacial*: Es un tipo de velocidad que se determina previa observaciones en campo de la hora de mayor volumen, una vez conocido el tamaño de la muestra y la longitud del segmento de vía, donde se mantiene de manera uniforme la velocidad de los vehículos bajo las condiciones imperantes de la zona, se puede medir mediante la toma de videos simultáneos en los extremos del segmento de vía considerado crítico, para medir el tiempo que tardan los vehículos en recorrer el mismo.

2.3.3.25. *Velocidad de Flujo Libre*: Es aquella velocidad segura que puede desarrollar un vehículo, bajo las condiciones de la vía sin tener interferencia con otros vehículos de la corriente de

tráfico. Se puede obtener bajo observaciones previas en campo, y generalmente ocurre durante la hora valle o la hora de menor flujo e interacción vehicular.

2.3.3.26. *Velocidad de Percentil 85*: De los vehículos de la corriente de tráfico se denomina Velocidad de Percentil 85%, cuando un vehículo desarrolla una velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos de la corriente de tráfico. Se define como percentil 85 de una distribución de velocidades, a aquella a la cual el 85% de los vehículos, circulando libremente, la igualan o van más lentos. Dicho de otra manera es aquella velocidad que solo es superada por el 15% de los vehículos circulando libremente. El percentil 85 de la distribución de velocidades, se puede considerar como el valor estadístico más relevante desde el punto de vista de la seguridad vial y se toma como parámetro para fijar la velocidad máxima.

2.3.3.27. *Velocidad de diseño*: Corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede desplazarse en una vía en condiciones de flujo libre, con totales condiciones de seguridad teóricamente.

De acuerdo a relación de movilidad y accesibilidad que posea una vía, el Manual de Vialidad Urbana (1981)¹² del extinto *Ministerio de Desarrollo Urbano MINDUR* recomienda los siguientes valores de la Tabla N° 2.3.3-1:

TABLA N° 2.3.3-1
Velocidad de Diseño en función de la Movilidad y
Accesibilidad

Rango	Tipo de Vía	Velocidad (Km/h)
1	Expresa	80
2	Arterial	60
3	Colectora y Local Principal	50
4	Local Secundaria	50

Fuente: Manual de Vialidad Urbana (1981)¹², p 92

2.3.3.28. *Velocidad en un punto o velocidad puntual:* Corresponde a la medición de la velocidad instantánea en una sección específica de una vía.

2.3.3.29. *Velocidad media en un punto:* Es la suma de todas las velocidades puntuales, dividida entre el número de observaciones.

2.3.3.30. *Estudios de medición de velocidad:* Son utilizados para medir velocidad en tramos específicos bajo las condiciones prevaletientes en la zona durante el tiempo de estudio. Uno de los métodos más utilizados, es mediante la medición de velocidades promedio de los vehículos, expresadas como rata de movimiento o velocidad de un vehículo. Entonces para la definición del sitio de estudio se debe tener en cuenta la aplicación que se le dará a la medición, dentro de las cuales podemos encontrar:

- Determinación de operación del tráfico y parámetros de control: Velocidad limite, velocidad crítica en intersecciones, rutas escolares y zonas de cruce, ubicación de señales de tráfico, ubicación de sincronizadores de tráfico.
- Diseño vial en carreteras: Alineamiento horizontal y vertical, peraltes, pendientes, longitud de canales de paso, longitud

de zonas de paso peatonal, distancia de visibilidad entre otras.

- Análisis de capacidad en carreteras.
- Seguridad en carreteras: Ubicación de zonas de conflicto, análisis de accidentes, estudios de investigación.
- Monitoreo de tendencias de velocidad.
- Medición de efectividad de programas de control: control de tránsito, cambios operacionales, velocidades límites, aplicación de programas de control de velocidad.

2.3.3.31. *Método de medición de velocidad en un punto:* Este método de análisis se usa cuando el propósito del estudio puede ser satisfecho con una muestra relativamente pequeña y la medición puede ser tomada en un periodo corto de tiempo refiriéndose a la hora pico. Los objetivos de cada estudio son específicos y están limitados por el alcance requerido; en cuanto a su ejecución, tomando en consideración ciertos factores como: puntos de ubicación, tiempo, infraestructura y una serie de condiciones de cada zona. Se debe tener muy en cuenta que, la ubicación del sitio donde se realizaran las mediciones donde se pueda tener control de todos los accesos y diversas condiciones que puedan afectar el libre desenvolvimiento del tráfico, las condiciones del tiempo, como por ejemplo la ocurrencia de precipitaciones, nubosidad, etc., que puedan afectar las condiciones y la toma de datos.

2.3.3.32. *Tamaño de la muestra requerida:* Se debe obtener un número suficiente de observaciones de velocidad que debe ser escogido mediante un estudio estadístico con gran precisión, donde se determine el mínimo tamaño de la muestra que puede ser usado, el cual se obtendrá mediante la siguiente Ecuación 2.3.3-7:

Ecuación 2.3.3-7

$$N = \left(S \frac{K}{E} \right)^2$$

Donde:

N = Mínimo número de mediciones de velocidad

S = Desviación estándar (mph), correspondiente a la Tabla N° 2.3.3-2

K = Constante correspondiente al nivel de confianza deseado mostrado en la Tabla 2.3.3-3

E = Error promedio permitido (mph)

TABLA N° 2.3.3-2
Desviación Estándar de Medición de Velocidades para
Determinación de Tamaño de la Muestra (S).

Áreas de Trafico	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Promedio	
		mph	kph
Rural	Dos canales	5.3	8.5
	Cuatro canales	4.2	6.8
Interurbana	Dos canales	5.3	8.5
	Cuatro canales	5.3	8.5
Urbana	Dos canales	4.8	7.7
	Cuatro canales	4.9	7.9
Valores Redondeados		5.0	8.0

Fuente: Box and Oppenlander 1976, p 80.

El nivel de confianza es la probabilidad que la diferencia entre el cálculo de la velocidad media del tamaño de la muestra y la velocidad verdadera del estudio sea menor que el error permitido, en la Tabla N° 2.3.3-3 se muestran los valores.

TABLA N° 2.3.3-3
Constante correspondiente al Nivel de
Confianza (K)

Constante K	Nivel de Confianza (%)
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

Fuente: Box and Oppenlander 1976, p 81.

El Error Permitido E, refleja la precisión requerida en la estimación de la medición de la velocidad, este parámetro es una tolerancia absoluta y esta expresado entre un máximo y un mínimo de ± 1.0 a ± 5.0 mph respectivamente, se recomendó para este estudio utilizar 2.50 mph.

Los valores requeridos serán obtenidos mediante las siguientes tablas:

2.3.3.33. *Conceptos aplicados a la Semaforización*

Matilde Palmar (Traducción del Manual HCM 2000)⁹ señala lo siguiente:

- *Semáforo*: Son dispositivos que regulan el paso de los vehículos a través de una intersección, mediante el uso de indicaciones luminosas de color rojo, amarillo, verde y violeta.
- *Ciclo*: Secuencia completa de las indicaciones de los semáforos en una intersección o de un semáforo que trabaje individualmente.
- *Fase*: Parte del ciclo asignada a cualquier combinación de movimientos que recibe el derecho de paso simultáneamente, durante uno o más intervalos.

- *Tiempo Verde (G_i)*: Duración de la luz verde para un determinado movimiento en una fase.
- *Tiempo Rojo (R_i)*: Tiempo durante el cual no se permite el paso para un grupo de canales en una determinada fase, que puede incluir un tiempo de rojo durante el cual todas las indicaciones están en rojo denominado Todo Rojo.
- *Cambio e intervalo de despeje (Y_i)*: Tiempo Amarillo más Todo Rojo, que ocurre entre las fases del semáforo que permite el despeje de la intersección.
- *Duración del Ciclo (C_i)*: Tiempo total del semáforo para completar un ciclo.
- *Intervalo*: Tiempo durante el cual todas las indicaciones del semáforo permanecen constantes.
- *Tiempo Verde efectivo (g_i)*: Tiempo efectivamente disponible por un movimiento o grupo de movimientos, es igual a la longitud del ciclo menos el tiempo rojo efectivo.
- *Extensión de Tiempo Verde efectivo debajo de*: Tiempo del intervalo de cambio y despeje al final de la fase, utilizado por el grupo de canales en movimiento.
- *Tiempo Perdido (t_l)*: Tiempo durante el cual la intersección no es utilizada efectivamente por un movimiento. Es la suma del tiempo de despeje más el tiempo perdido por el arranque de la cola.
- *Tiempo perdido por arranque de cola (I_1)*: Es el tiempo que se pierde, cuando una cola de vehículos parados en el acceso a una intersección semaforizada, se pone en movimiento al recibir verde.
- *Tiempo perdido en el despeje (I_2)*: Tiempo entre las fases que no es utilizado para el movimiento de ningún acceso.

- *Total de tiempo perdido (L)*: Es el tiempo total perdido durante el ciclo y en el cual efectivamente la intersección no es usada por ningún grupo de canales, esto ocurre durante los intervalos de cambio de despeje y al comienzo de las fases.
- *Demora por Semáforo (di)*: Demora causada al grupo de canales, por reducción de la velocidad o detención a causa del semáforo (s/veh)
- *Flujo de Saturación (Si)*: Máximo número de vehículos que pueden pasar por uno o más canales de acceso de la intersección durante el tiempo verde, se descuentan los tiempos perdidos por arranque de cola y despeje, (veh/h/canal)
- *Giro Protegido*: Giros que se hacen en una intersección semaforizada sin interferencias o conflictos de vehículos peatones.
- *Giro Permitido*: Giros que se hacen en una intersección semaforizada utilizando las brechas en corrientes de vehículos o peatones que tienen conflicto con el movimiento.
- *Semáforo de Tiempo Fijo*: Son aquellos que dirigen el tránsito con ciclos e intervalos pre-establecidos.
- *Semáforo Parcialmente Accionado*: Son aquellos donde los intervalos varían de acuerdo a la demanda de tránsito de la calle secundaria, mediante detectores ubicados en los accesos de éstas, también incluye a detectores en canales para giros a la izquierda desde la vía principal y los botones accionados por los peatones.

- *Semáforo Totalmente Accionado*: Son aquellos cuyas fases están totalmente accionadas por detectores ubicados en todos los accesos.
- *Desfase*: Diferencia de tiempo entre el comienzo de la fase de un semáforo y el inicio de una fase correspondiente en otro, usando un tiempo de referencia.
- *Fase Peatonal*: Fase de un semáforo que da derecho de paso a peatones, prohibiendo los movimientos que entran en conflicto con ellos.
- *Coordinación de Semáforos*: Establecimiento de relaciones entre los tiempos individuales de ciertos semáforos para que formen parte de un sistema de regulación destinado a facilitar la circulación del tránsito por una vía o sistema vial.
- *Progresión a través de Semáforos*: Movimiento de un grupo de vehículos a través de varias intersecciones semaforizadas sin detenerse.
- *Cola*: Fila de peatones o vehículos, detenidos o casi detenidos cuya velocidad es menor de 10Km/h.

En una intersección semaforizada la medición de la cola inicial se realiza contando el número de vehículos que encontraban en los accesos a la misma a partir de la fase roja del semáforo o que no pudieron ser desalojados por la fase verde, pero no incluye los vehículos que van llegando a la intersección y que fueron afectados diversas circunstancias del tráfico.

2.3.4 Diseño Geométrico

Los diferentes términos acerca del Diseño Geométrico estarán Desarrollos a continuación:

2.3.4.1. Definición Geométrica de una Carretera:

Luis Bañón Vázquez y Beviá García (2007)⁸ señalan:

Es un cuerpo tridimensional totalmente irregular; sin embargo, el predominio de una de sus dimensiones respecto a las otras dos es una línea, la carretera es fácilmente reproducida mediante el desplazamiento a lo largo de su eje con una sección transversal. En base en este principio podemos decir que la carretera queda totalmente definida mediante tres vistas: Planta, Perfil longitudinal y las secciones transversales.

2.3.4.2. *Planta*: Es la vista más importante de todas, en ella se representa de forma explícita la proyección horizontal de la carretera, en los planos de planta se recopila toda la información de: trazado, replanteo, geología, topografía, señalización, etc.

2.3.4.3. *Perfil longitudinal*: Representa el desarrollo de un plano perpendicular a la calzada, trazado longitudinalmente a lo largo del eje de la vía. Muestra. Toda la altimetría que afecta la vía y, en los planos se indican las pendientes, pasos de cursos de agua, depresiones, etc. Se dibuja mediante la unión de rectas y parábolas de 2° grado que definen la rasante de la vía.

2.3.4.4. *Sección transversal*: Este concepto fue descrito en el Punto 1 Conceptos Básicos de Vialidad.

2.3.4.5. *Trazado*:

Luis Bañón Vázquez y Beviá García (2007)⁸ señalan:

Constituye los puntos de contacto entre la carretera y el medio físico al cual va a integrarse. El objetivo primordial de cualquier trazado es brindar Comodidad, Seguridad, Economía, Sustentabilidad.

- Comodidad se refiere a: velocidad, transiciones, demoras, nivel de servicio.

- Seguridad se refiere a: visibilidad, disposición geométrica del trazado, sección transversal adecuada, eficiencia en obras de drenaje.
- Economía se refiere a: movimientos de tierra, túneles, condiciones geotécnicas (estabilidad de taludes, capacidad portante del terreno).
- Sustentabilidad se refiere a interferir lo menos posible el medio ambiente y si se hace debe asegurarse que es la mejor opción.

2.3.4.6. *Factores que condicionan un trazado:*

- Puntos de paso forzoso o Puntos de Control Primario: cuando por diversos motivos condicionan y limitan la orientación del trazado, entre ellos tenemos los siguientes factores:
 - Topográficos: zonas montañosas, depresiones, taludes.
 - Geológicos: terrenos con baja capacidad de soporte, antiguos deslizamientos, materiales deleznable, fallas geológicas, taludes inestables, etc.
 - Hidrológicos: la presencia de cauces, zonas inundables, afloramientos naturales, zonas de infiltración, etc.
 - Geomorfológicos: las diferentes formaciones y formas del terreno.
 - Urbanísticos: los Planes de Ordenamiento Urbano y los usos de suelo establecidos.
 - Sociales: la necesidad de comunicación entre centros poblados.
 - Uniformidad y visibilidad: se debe procurar la máxima visibilidad posible evitando grandes pendientes y curvas muy cerradas.

- Monotonía: evitar trazados donde predominen largos tramos rectos que produzcan en el conductor sueño y dispersión mental.
- Zonas protegidas: evitar zonas de conservación o parques nacionales, propiedades privadas, etc.
- Económicos: están referidos al costo de construcción de la vía, expropiaciones, mantenimiento, etc.

2.3.4.7. *Levantamientos Topográficos*: Se refiere al conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos del terreno, superficies y volúmenes. Las medidas tomadas en el campo se representan mediante perfiles y planos topográficos.

2.3.4.8. *Curvas de nivel*: Lugar geométrico de puntos del terreno que tienen la misma cota de elevación con respecto a un plano horizontal. Generalmente tenemos dos tipos de curvas, las principales que son la que unen puntos de cotas enteras generalmente: 1m, 5m, 10m, etc. Y las secundarias que son las intermedias entre las principales y su equidistancia depende de la escala del plano y del nivel de detalle que se maneje.

2.3.4.9. *Plano de curvas de nivel*: Es aquel donde podemos representar visualmente la composición altimétrica del terreno por medio de las curvas de nivel.

2.3.4.10. *Estudio de factibilidad*: En él se define el esquema del desarrollo vial de la carretera para una determinada demanda, así como sus características y dimensiones recomendables, necesidades de suelo y otras limitaciones a la vista del planeamiento territorial y del transporte. También se estudian factores urbanísticos y socioeconómicos de la zona por donde se pretende construir la vía. Este estudio se realiza para que los municipios afectados dispongan de las medidas necesarias para evitar la construcción de cualquier otro tipo de obra en la

zona afectada por el paso de la vía, y se efectúa generalmente en todo tipo de obras lineales.

2.3.4.11. *Alineamiento Horizontal:*

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

El alineamiento horizontal define el recorrido de la vía, es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal el cual está compuesto por rectas y curvas horizontales: Geométricamente se puede definir la planta por medio del eje de la vía que corresponde a la línea central. Las rectas se caracterizan por su longitud y su dirección (Rumbo y azimut), las prolongación de dos rectas consecutivas se cortan en el vértice "V", el cambio de dirección se mide con el ángulo de deflexión "Δ", el cual se define como el ángulo formado por la prolongación de la recta de entrada sobre la de salida, el Δ (+) es positivo cuando se mide en sentido de las agujas del reloj. Los cambios de dirección de las rectas se suavizan por medio de curvas horizontales, las cuales se caracterizan por su curvatura y longitud. Recorriendo la vía desde el origen, las curvas se llaman a la derecha cuando el Δ (+) y a la izquierda cuando el Δ (-)

En el alineamiento se pueden conocer dos tipos de curvas: Curvas circulares: radio de curvatura constante y curvas de transición: radio de curvatura variable.

2.3.4.12. *Progresiva de un punto:* Es la distancia horizontal desde el origen de la vía hasta el punto de consideración.

2.3.4.13. *Factores que se deben considerar en el Diseño del Alineamiento Horizontal:*

- El alineamiento horizontal debe garantizar un manejo seguro, cómodo y con buena apariencia para los usuarios.

- El diseño de rectas debe considerar la visibilidad, el encandilamiento y la somnolencia.
- En las curvas debe tenerse en cuenta la visibilidad. La aparición de la fuerza centrípeta conlleva al uso del peralte y de las curvas de transición.
- El mayor ancho ocupado por los vehículos en las curvas aconseja el uso de sobreeanchos en la calzada.

2.3.4.14. *Alineamiento Vertical:*

Pedro Andueza (1989)⁴ señala:

El alineamiento vertical tiene como función ajustar la vía al terreno sobre el cual se va a construir. Es función de la topografía y del diseño en planta y se representa por medio del perfil longitudinal. En él, se representa la rasante de la vía que es la cota del pavimento, las pendientes de los tramos y las progresivas.

2.3.4.15. *Geometría de las curvas vertical:*

Las curvas que se utilizan generalmente son parábolas de 2° grado, debido fundamentalmente a la facilidad del cálculo, y también porque suaviza eficientemente el cambio de pendientes generando así la posibilidad de implantar rasantes ajustadas al terreno obteniendo beneficios de bajo costo especialmente en zonas urbanas. Físicamente un móvil que siga libremente un movimiento parabólico, tiene la característica más importante que puede mantener su velocidad en cualquier punto, lo cual en vialidad es importante ya que permite: comodidad, seguridad y operación.

2.3.5 Estadística Descriptiva

Las definiciones de este sub capítulo se describen seguidamente:

2.3.5.1. *Estadística*: Es la rama de la ciencia que trata sobre la recopilación, presentación, análisis e interpretación de los datos con el fin de realizar inferencias acerca de las propiedades de alguna población de interés y proporcionar medidas para la bondad de la inferencia.

2.3.5.2. *Tipos de Estadística*:

- *Estadística Descriptiva*: Son procedimientos gráficos y numéricos usados para organizar y resumir la información contenida en un conjunto de datos. Describe los datos de la mejor manera posible sin importar si los datos provienen de una muestra o conforman la población.
- *Estadística Inferencial*: Son procesos de obtención de conclusiones a partir de datos experimentales. Es un proceso inductivo porque proyecta resultados de una muestra a la población correspondiente. En un proceso inferencial siempre existe la posibilidad de error, por lo tanto, nunca podrá tenerse el 100% de certeza sobre una información basada en inferencia estadística.

2.3.5.3. *Población*: Cualquier colección de mediciones, ya sea finita o no, de datos acerca de una característica de interés.

2.3.5.4. *Muestra*: Subconjunto de una población, si la muestra es tal que refleja las características esenciales de la población de la cual se obtuvo, diremos que la muestra es representativa.

2.3.5.5. *Dato*: Es la representación simbólica, ya sea numérica, alfabética, algorítmica, etc., de un atributo o variable cuantitativa y su función es describir los hechos empíricos, sucesos y entidades.

2.3.5.6. *Tipo de datos:* Datos cualitativos: son aquellos datos expresados en forma de atributos o características propias, como por ejemplo: color, sexo, tipo, etc. Datos cuantitativos: son aquellos datos u observaciones asociadas a la unidad de medida, como por ejemplo: tamaño número de vehículos que pasan por la sección de una vía, rendimiento de algún combustible, etc.

2.3.5.7. *Niveles de Medición de los Datos (de acuerdo a las distintas escalas de medición):*

- *Nivel Nominal:* Son los que pueden ser clasificados en categorías exhaustivas y mutuamente excluyentes y no guardan orden entre sí, como por ejemplo: tipo de sangre, tipo de religión, partido político, etc.
- *Nivel Ordinal:* Son los que pueden ser clasificados en categorías exhaustivas y mutuamente excluyentes pero guardan relación de orden entre sí de acuerdo a criterio jerárquico, pero no tienen sentido cualitativo, como por ejemplo: las rutas del transporte público clasificadas como largas o cortas, etc.
- *Nivel de Intervalo:* Es una escala que posee una unidad de medida y un orden arbitrario de forma que la distancia entre dos mediciones tiene un significado cuantitativo preciso, por ejemplo medición de las temperaturas medidas en grados centígrados, Fahrenheit o Celsius, etc. Nivel de Razón (o cociente): se caracterizan por tener una unidad de medida y un origen no arbitrario es decir puede existir el valor de cero, lo cual hace que el cociente de dos números sea significativo, por ejemplo ingresos, pesos, estaturas, etc.

Para describir datos cuantitativos lo podemos hacer por medio de técnicas gráficas para resumir y organizar los mismos.

Es por ello que necesitamos conocer:

2.3.5.8. *Frecuencia*: es el número de veces que se repite un dato.

2.3.5.9. *Clase "k"*: Son las categorías en las que agruparemos los datos, cuando los datos son cuantitativos las clases suelen llamarse intervalos de clase. Es importante la elección del número de clases, no se deben tener demasiadas clases ya que podríamos tener clases vacías, ni demasiadas pocas ya que no se distinguirían la estructura de los datos, por eso se sugiere no tener menos de 4 ni más de 20. Para hallar el número de clases, tenemos dos Ecuaciones 2.3.5-1 y 2.3.5-2 para hallarla, donde k es el número intervalos de clase y n el número de datos:

Ecuación 2.3.5-1

$$k = 1 + 3.322 \text{Log}_{10}(n)$$

Ecuación 2.3.5-2

$$k \approx \sqrt{n}$$

2.3.5.10. *Distribución de frecuencias o Tabla de Frecuencias*: Es el agrupamiento de los datos en categorías, las cuales pueden estar determinadas por una cualidad o un intervalo.

2.3.5.11. *Longitud de un intervalo "L"*: Se suele utilizar para todas las clases la misma longitud, por lo que la amplitud o rango de los datos se reparte uniformemente entre el número de clases. A continuación se muestran las Ecuaciones 2.3.5-3 y 2.3.5-4 para el cálculo de la misma.

Ecuación: 2.3.5-3

$$\text{Rango o amplitud} = \text{Dato mayor} - \text{Dato menor}$$

Ecuación: 2.3.5-4

$$L \approx \frac{\text{Rango}}{\text{Clase}} \approx \frac{\text{Rango}}{k}$$

2.3.5.12. *Intervalo o Marca de clase*: Es el valor medio del intervalo de clase, para el primer intervalo igual al Dato Menor y en lo sucesivo se le sumara el valor del rango.

El Límite Inferior del primer intervalo se puede determinar mediante la aplicación de la siguiente Ecuación 2.3.5-5:

Ecuación 2.3.5-5

$$\text{Limite inferior} = \text{Dato Menor} - \frac{L}{2}$$

En lo sucesivo el límite inferior de cada intervalo tomara el valor del límite superior, del intervalo anterior.

El Límite Superior del primer intervalo se puede determinar mediante la aplicación de la siguiente Ecuación 2.3.5-6:

Ecuación 2.3.5-6

$$\text{Limite superior} = \text{Dato Menor} + \frac{L}{2}$$

En lo sucesivo el límite superior de cada intervalo será determinado mediante la Ecuación 2.3.5-7:

Ecuación 2.3.5-7

$$\text{Limite superior}_{\text{intervalo}} = \text{Limite inferior}_{\text{intervalo}} + L$$

2.3.5.13. *Histograma de Frecuencias*: Es un gráfico de barras donde en el eje horizontal están representados los intervalos de clase y en el eje vertical la frecuencia de la clase, es decir, el número de datos que existe en ese intervalo. Para cada intervalo se dibuja un rectángulo cuya base tiene la misma longitud del intervalo y cuya altura es la misma frecuencia que le corresponde.

- 2.3.5.14. *Histograma de Frecuencias Acumuladas*: Es un gráfico de barras donde en el eje horizontal están representados los intervalos de clase y en el eje vertical la frecuencia acumulada de clase. La frecuencia acumulada de la clase i -ésima es la suma de las frecuencias que tienen los intervalos menores o iguales de la clase i -ésima.
- 2.3.5.15. *Histograma de Frecuencias Relativas*: Es un gráfico de barras donde en el eje horizontal están representados los intervalos de clase y en el eje vertical la frecuencia relativa de clase. La frecuencia relativa de la clase i -ésima es la proporción que representan los datos de la clase i -ésima con respecto al total de los datos.
- 2.3.5.16. *Histograma de Frecuencias Relativas Acumuladas*: Es un gráfico de barras donde en el eje horizontal están representados los intervalos de clase y en el eje vertical la frecuencia relativa acumulada de clase. La frecuencia relativa acumulada de la clase i -ésima es la suma de las frecuencias relativas que tienen los intervalos menores o iguales a la clase i -ésima.
- 2.3.5.17. *Polígonos de frecuencias*: Se forman de manera similar a los histogramas de frecuencias, excepto que el gráfico se forma uniendo los puntos medios del intervalo de clase i -ésimo y la frecuencia correspondiente ha dicho intervalo. Asimismo se pueden elaborar los polígonos de frecuencias acumuladas o relativas.
- 2.3.5.18. *Medidas de posición numérica*: Son usados para señalar que porcentaje de datos dentro de una distribución de frecuencias superan estas expresiones, cuyo valor representa el valor del dato que se encuentra en el centro de la distribución de frecuencia y facilitan información sobre la serie de datos que

estamos analizando. La descripción de un conjunto de datos, incluye como un elemento de importancia la ubicación de éstos dentro de un contexto de valores posible. Se trata de encontrar unas medidas que sinteticen las distribuciones de frecuencias. En vez de manejar todos los datos sobre las variables, podemos caracterizar su distribución de frecuencias mediante algunos valores numéricos, eligiendo como resumen de los datos un valor central alrededor del cual se encuentran distribuidos los valores de la variable. Son medidas estadísticas cuyo valor representa el valor del dato que se encuentra en el centro de la distribución de frecuencia, por lo que también se les llama “Medidas de Tendencia Central”.

Pero estas medidas de posición de una distribución de frecuencias han de cumplir determinadas condiciones para que sean verdaderamente representativas de la variable a la que resumen. Toda síntesis de una distribución se considerara como operativa si intervienen en su determinación todos y cada uno de los valores de la distribución, siendo única para cada distribución de frecuencias y siendo siempre calculable y de fácil obtención. La mayoría de las medidas de posición tienen el objetivo de indicar el centro del conjunto de datos a estudiar, ese es el caso de la media aritmética, mediana y moda; mientras que otras medidas indican la posición sobre la cual se encuentra u porcentaje de los datos, tal como los cuartiles, deciles y percentiles.

2.3.5.19. *Media aritmética:* Para datos no agrupados es el valor obtenido por la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Para datos agrupados en una tabla de frecuencias la media aritmética es la sumatoria del producto de la marca de clase por la frecuencia dividido entre el número

de datos. Pueden ser calculadas respectivamente mediante las Ecuaciones 2.3.5-8 y 2.3.5-9

Ecuación 2.3.5-8

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ Para datos no agrupados}$$

Ecuación 2.3.5-9

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k (f_i x_{mi})}{n} \text{ Para datos agrupados}$$

2.3.5.20. *Mediana*: Se define como el valor que ocupa la posición central de los datos ordenados, y se calcula mediante las Ecuaciones 2.3.5-10 y 2.3.5-11 según sea el caso.

Ecuación 2.3.5-10

$$Med = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \text{ si } n \text{ es impar}$$

Ecuación 2.3.5-11

$$Med = \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}}{2} \text{ si } n \text{ es par}$$

Cuando los datos están agrupados en una tabla de frecuencias, se ubica la clase mediana es decir la que contiene el valor que ocupa la posición $\frac{n}{2}$ (si n es impar se redondea) mediante el uso de la Ecuación 2.3.5-12.

Ecuación 2.3.5-12

$$Med = L + \frac{\frac{n}{2} + F_{Med-1}}{F_{Med}} * C$$

Dónde:

L = límite inferior de la clase mediana

n = número total de datos

F_{Med-1} = frecuencia acumulada de la clase anterior a la clase mediana

F_{Med} = frecuencia de la clase mediana

C = longitud de la clase mediana.

2.3.5.21. Moda: Es el valor de la observación que aparece con más frecuencia, cuando el conjunto de datos tiene una sola moda se dice que el conjunto de datos es unimodal. Si los datos están agrupados en una distribución de frecuencias se dice que la distribución de frecuencias es unimodal, bimodal, etc.

2.3.5.22. Cuartiles: Son valores que dividen una sucesión de datos ordenados en cuatro partes iguales, los cuartiles se denotan por Q_1, Q_2, Q_3 . Cuando los datos están agrupados en una tabla de frecuencias se calculan mediante la Ecuación 2.3.5-13 según el que sea requerido, de la siguiente manera:

Ecuación 2.3.5-13

$$Q_i = L_i + \frac{i \left(\frac{n}{4} \right) - F_i}{f_i} * C$$

Dónde:

L = límite inferior de la clase del i-ésimo cuartil

n = número total de datos

F_i = frecuencia acumulada de la clase anterior del i-ésimo cuartil

f_i = frecuencia de la clase del i-ésimo cuartil

C = longitud de la clase del i-ésimo cuartil

Percentiles: Son valores que dividen una sucesión de datos ordenados en cien partes iguales, se denotan por P_1, P_2, \dots, P_{99} . Cuando los datos están agrupados en una tabla de frecuencias se calculan utilizando la siguiente Ecuación 2.3.5-14:

Ecuación 2.3.5-14

$$P_i = L_i + \frac{i \left(\frac{n}{100} \right) - F_i}{f_i} * C$$

Dónde:

L = límite inferior de la clase del i-ésimo percentil

n = número total de datos

F_i = frecuencia acumulada de la clase anterior del i-ésimo percentil

f_i = frecuencia de la clase del i-ésimo percentil

C = longitud de la clase del i-ésimo percentil

2.3.6 Descripción de la Vialidad Urbana de acuerdo al Plan de Ordenamiento Urbanístico Local PDUL para la ciudad de Mérida.

El crecimiento urbano de cualquier ciudad o municipio está supeditado a la formulación de planes de desarrollo urbano, que tienen como finalidad principal planificar y organizar el entorno urbano propiciando un desarrollo concentrado, articulado y coherente que prevé el crecimiento armónico de una ciudad o municipio, siendo éste el caso de los planes de desarrollo urbano local, cuya función principal es integrar en la planificación el desarrollo de los servicios de redes, vialidad y equipamientos urbanos de acuerdo a los requerimientos de la población tomando en cuenta su proyección en el futuro. Dentro de los objetivos principales de dichos planos se establecen

lineamientos, directrices y normativas basadas en mapas y planos de la ciudad o del municipio según sea el caso, conformando los mismos como herramientas ineludibles de gestión municipal.

La ciudad de Mérida ha sido objeto de dichos estudios y actualmente en la parte de vialidad y transporte se rige por el *Plan de Desarrollo Urbano Local de Mérida PDUL, Volumen II, Diagnostico, Prospectiva y Propuesta a Nivel Urbano, Ministerio de Desarrollo Urbano, Dirección General Sectorial de Ordenamiento Urbanístico, Mérida – Junio (1993)*¹⁰. Capítulo 5. *Vialidad y Transporte*, el cual será utilizado como principal normativa desde el punto de vista de planificación urbana en el desarrollo del presente trabajo ya que se encuentra vigente, dicho estudio permite constatar que el crecimiento demográfico y poblacional de la ciudad, desde hace décadas ha sido acelerado. Desde el punto de vista de vialidad existen posibles soluciones que están siempre ajustadas por las características físicas y topográficas que limitan el desarrollo, la ciudad está conformada sobre una meseta alargada bordeada por dos ríos principales el Albarregas y el Chama. Esta forma predominante obliga a que su desarrollo sea longitudinal, y de hecho así se ha llevado a cabo hasta nuestros días, conformando el Área Metropolitana por las poblaciones de Ejido, La Parroquia, Mérida y Tabay, definida de este modo por el *Plan de Ordenación Urbanística POU* realizado en el año 1988, por el mismo equipo de trabajo de la Unidad de Consultoría Externa y Proyectos UCEP. El Área Metropolitana se organiza en función a los principales ejes viales que le brindan una condición de continuidad, que a su vez permiten optimizar las condiciones del tráfico y de organización espacial. Estos factores han sido objeto

de diversos estudios de tránsito y transporte para brindar a la ciudad soluciones de movilidad y más aún mejorar así su calidad de vida de sus habitantes. Esto permite evidenciar que desde hace décadas atrás, existe la preocupación por parte de las instituciones y organismos involucrados por el futuro desarrollo urbano de la ciudad y por generar soluciones viales acordes a sus características. El objetivo de estos estudios urbanísticos, es la integración y coordinación de la mayor información en la materia, que permita el desarrollo de las propuestas hechas en los diferentes planes de Desarrollo Urbanístico en general y local como es el caso del *Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL Volumen II, Diagnóstico, Prospectiva y Propuesta a Nivel Urbano, Ministerio de Desarrollo Urbano, Dirección General Sectorial de Ordenamiento Urbanístico, Mérida – Junio (1993)*¹⁰; además se persigue determinar los elementos que permitan orientar la solución de los problemas de vialidad y transporte que se presenten, y aportar alternativas de desarrollo que sobre esta materia requiera la ciudad, para así mitigar el deterioro urbano que se origina como consecuencia del crecimiento geográfico y poblacional desordenado. Sus alcances están definidos por el *Plan de Ordenación Urbanística POU* para la ciudad, por lo cual debe existir perfecta coordinación con el contenido de éste, en cuanto a los parámetros socioeconómicos y urbanos se refiere.

2.3.6.1 Descripción y análisis del sistema vial

Para el análisis de la vialidad y el transporte del *Plan de Desarrollo Urbano Local de la Ciudad de Mérida PDUL*, se tomó como área de estudio la superficie del polígono delimitado por el propio plan, ya que ella abarca toda la vialidad urbana o matriz así como las vías que conectan el sistema subregional (Vialidad Primaria). Esta delimitación responde a criterios urbanos y

geográficos así como a los límites físicos-naturales y administrativos, lo que permite establecer zonas homogéneas que son básicas para estudios de esta índole. La clasificación de la vialidad responde a criterios que depende fundamentalmente de su propósito. Si partimos del principio de que las personas y los bienes se movilizan para un propósito determinado y sobre una red existente, es básico tomar en consideración la variable funcional como principal elemento de clasificación de las vías. En los criterios establecidos por el extinto *Ministerio de Desarrollo Urbano MINDUR* en el Manual de Vialidad Urbana (1981)¹², se establece que la base fundamental del Plan está constituida por la ubicación de los generadores de tránsito, el volumen y dirección del movimiento producido y por las necesidades de acceso a las edificaciones. Con base en estos criterios, el extinto *Ministerio de Desarrollo Urbano MINDUR* estableció la siguiente clasificación de los sistemas viales urbanos en: Arterial, Colector y Local. Las características principales del sistema arterial es la de permitir el movimiento de bienes y personas entre los grandes generadores o grupos de ellos y alimentar la ciudad con el flujo proveniente de otras ciudades a través del sistema carretero. Estas vías estarán coordinadas y bien enlazadas con los sistemas de rango inferior denominado Colector y superior llamado Expreso cuando éste existe, y se considera que esta limitado el servicio a las propiedades colindantes así como el acceso directo a las mismas. El sistema Colector se encuentra en una posición intermedia entre el movimiento y el acceso, su función principal es la de servir de enlace entre la distribución de bienes y personas y el servicio de acceso a las edificaciones. De acuerdo a su grado de movilidad puede existir una subclasificación de principales y secundarias, dependiendo de los

volúmenes de tránsito que presente así como de la extensión y características homogéneas de las zonas que sirve. El sistema colector conecta al sistema arterial con el local y presenta ciertas características restrictivas en cuanto al acceso a las propiedades adyacentes así como a la distancia de conexión con los otros sistemas viales. Este sistema se caracteriza por ser el principal eje de circulación del transporte urbano, público y privado por lo cual debe permitir el desarrollo de movimientos continuos. En el sistema local su función principal es la accesibilidad y su conexión directa es con el sistema colector del cual recibirá y suministrará el tránsito externo, así como el de la zona misma. En consecuencia sus características de diseño están dirigidas por la estructura parcelaria y el uso del suelo. También dentro de este sistema puede darse una sub clasificación de locales principales y secundarias que dependen fundamentalmente de la función que cumplen: desde una calle peatonal o una calle ciega hasta una local principal que cumpla funciones de conectarla con el sistema colector.

Es importante destacar las características específicas del sistema, por cuanto al realizar la clasificación funcional de las vías existentes en la ciudad de Mérida, observamos que estas ofrecen características muy particulares que deben ser consideradas ya que no se ajustan totalmente a la clasificación oficial. La misma condición de la ciudad de Mérida como zona de paso obligado dentro de la sub región establece patrones de movimientos que modifican las características funcionales de la ciudad y en la práctica resulta un tanto complejo ajustarse a los sistemas definidos anteriormente.

2.3.6.2 Clasificación de acuerdo a su Función

Partiendo de lo descrito en el párrafo anterior y de que el *Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida PDUL* se caracterizó y clasificó la red vial mediante el *Plan de Desarrollo Urbano Local*, se conservó esta clasificación para mantener los mismos criterios. Para los efectos del estudio, en esta parte solo se presentan las principales características físicas de funcionamiento del sistema arterial y colector, ya que en el análisis específico de cada ámbito se presenta en forma detallada las características de los tres sistemas: arterial, colector y local, así como la problemática de tránsito específica del ámbito.

- Arterial – 04 Avenida Los Próceres (ART- 4)

Corresponde al tramo de la vía Troncal T007, que pasa a tomar parte de la vialidad urbana de Mérida, transformándose en la Av. Los Próceres, este tramo inicia en la intersección con la av. Universidad y se continua hasta su intersección con la Local L004 en la Pedregosa que es la vía que conduce hacia Jají y La Azulita. Tiene dos canales de circulación por sentido, con un ancho de canal de 3.60m, e isla central. Presenta iluminación central y a ella se conectan varias colectoras que unen la meseta con la otra banda, es uno de los principales ejes viales que conecta a la ciudad en su sentido longitudinal. Tiene una longitud de 8.00 km y su sección transversal varía entre 20.00 y 25.00m. Presenta bahías de paradas de transporte público y canales de desaceleración, aunque no constante a lo largo de toda su extensión. En cuanto a las características de trazado de la vía se desarrolla con un alineamiento horizontal definida por otras rectas largas y radios de curvatura amplios que

permiten desarrollar altas velocidades; sin embargo, sus características funcionales han obligado a la inclusión de señales de control que inciden notablemente en su condición de vía arterial. Posee regular señalización y la demarcación existente es deficiente. El estado del pavimento es aceptable. Desde el punto de vista funcional, aun cuando la vía es arterial, los niveles de accesibilidad se han incrementado progresivamente debido al aumento de las construcciones en sus adyacencias, al no haberse controlado el uso del suelo sobre el derecho de vía por parte de los organismos competentes.

- Arterial – 09 Avenida Andrés Bello (ART-09)

La avenida Andrés Bello forma parte del sistema arterial de la ciudad, posee dos sentidos de circulación y dos canales por sentido; su sección varía entre 14.60 y 34.00m en la que se incluye: bahía de paradas para el transporte público, de estacionamiento y canales de desaceleración o canales de giro a la izquierda. Tiene una longitud de 7.30Km.

- Arterial – 10 Calle Principal Pedregosa Sur (ART-10)
Denominada Avenida Eleazar López Contreras.

- Esta vía si bien presenta características geométricas de una vialidad local, su función principal es la de conducir los flujos de Mérida hacia la Parroquia y Ejido además de Contener el tráfico local de la Pedregosa Sur y urbanización La Linda. Presenta una sección de ancho variable entre 6 y 11m con aceras continuas. En sus adyacencias se localiza principalmente el uso residencial.

- Arterial – 11 Local 004 Panamericana (ART-11)

- Es el tramo vial perteneciente a la carretera panamericana que conduce hacia las poblaciones de Jají y La Azulita.

Presenta un ancho de calzada variable que oscila entre 12 y 14 m; sin isla central ni aceras. Sobre ella se conectan vías locales que conducen a barrios y desarrollos de carácter turístico.

2.3.6.3 Clasificación de acuerdo al Uso del Suelo

De acuerdo a normativa legal en función a lo citado en el documento: *República Bolivariana de Venezuela, Municipio Libertador, Estado Mérida, Gaceta Municipal No. 79-0151 Extraordinaria No. 58 Año III del 25/03/2002. Reforma de la Ordenanza de Lineamientos de Usos de Suelo, referidos a la Poligonal Urbana del Municipio Libertador del Estado Mérida*, a continuación se especifica de acuerdo al Uso del Suelo, como se clasifican en la zona las áreas residenciales de acuerdo a la normativa vigente elaborada por el extinto *Ministerio de Desarrollo Urbano MINDUR, Dirección General Sectorial de Ordenamiento Urbanístico, Plan de Ordenación Urbanística, Área Metropolitana Mérida – Ejido – Tabay, Estado Mérida. Año (1998)¹¹. Gaceta Oficial N° 5.303 De Fecha 01/02/1999. Capítulo III. Uso del Suelo y sus Intensidades, Sección I de los Sectores o Áreas. Artículo 16. Se establecen los siguientes Sectores o Áreas Residenciales:*

- Área Residencial AR-4
- Corresponde a los desarrollos de viviendas multifamiliares ocupados por los sectores: La Floresta, Sai Sai, La Horqueta, Campo Claro, Lagunillas, La Trinidad, Santa Mónica, Juan XXIII, Las Terrazas, Domingo Salazar, Frailejones y La Arboleda, en Mérida. Se contempla el uso residencial con una densidad Bruta Máxima de 300 Hab/Ha. Las variables urbanas se establecerán en el Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL.

- Área Residencial AR-2
- Corresponde a los desarrollos de viviendas unifamiliares planificados y espontáneos ocupados por las urbanizaciones: La Mara, Jardines de Alto Chama, Alto Chama, el Central, La Sabana, Las Tapias, La Mata, La Linda, Los Corrales, Las Delias, San Antonio, San Cristóbal, El Bosque, santa Elena, San José, Villas Tejar, Santa María, San Francisco, El Carrizal, Buena Vista, Mocotíes, Los Sauzales, Alto Prado, Don Pancho, San José de las Flores Alto y La Hoyada de Milla, en Mérida; Las urbanizaciones: Don Luis y Omar Sulbaran, en Ejido y los Llanitos de Tabay en Tabay. Se contempla el uso residencial con una Densidad Bruta Máxima de 150 Hab/Ha. Las variables urbanas se establecerán en el Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL.
- Área Residencial AR-1
- Corresponde a los desarrollos de viviendas unifamiliares, ocupados por las urbanizaciones La Hacienda, Belenzate, Santa Ana, La Estancia, El Castor, El Rincón y Pedregosa Media y Alta, en Mérida; el Rosal, Parte baja de San Rafael de Tabay y La Ceibita en Ejido. Se contempla el uso residencial con una Densidad Bruta Máxima de 100 Hab/Ha. Las variables urbanas se establecerán en el Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL.

2.3.6.4 Áreas turísticas Existentes y Propuestas

Áreas Turísticas y Recreacionales Existentes ATR

Corresponde a las áreas desarrolladas con instalaciones recreacionales, turísticas, de infraestructura hotelera, servicio y comercio turístico, rentables y de carácter privado y semi-privado, localizadas en distintos sectores de Área Metropolitana de Mérida – Ejido – Tabay. Se contempla una densidad bruta

máxima de 50Hab/Ha. Las variables urbanas se establecerán en el *Plan de Desarrollo Urbano Local PDUL* y en concordancia con la Corporación Venezolana de Turismo.

2.3.6.5 Sección III. Áreas con Restricciones de Uso

Artículo 18. Se establecen como áreas con restricciones de uso las siguientes:

- Áreas Protegidas ARU-4

El Estado Venezolano ha establecido mediante la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio una Ley especial en pro de la protección ambiental, que comprende las *Áreas Bajo Régimen de Administración Especial ABRAE* cuyas limitaciones al uso urbano están contenidas en sus respectivos decretos. *Estas áreas están referidas al Parque Nacional Sierra Nevada, según decreto No. 393 de fecha 02/05/1952 y publicado en la Gaceta Oficial No. 23821 del 02/05/1952, a la zona protectora de una porción de la Cuenca del Rio Albarregas, según decreto No. 1379 de fecha 22/08/1973 y publicado en la gaceta oficial No. 30186 del 23/08/1973; al Parque Metropolitano Albarregas, según decreto No. 1515 de fecha 03/06/1982, y publicado en la gaceta oficial No. 32492 del 09/06/1982 a la zona protectora de la cuenca del Rio Mucujún según decreto No. 773 de fecha 14/08/1985 y publicado en la gaceta oficial No. 33285 del 14/08/1985.*

2.3.7 Metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵ para el análisis de capacidad y operación, específicamente Capítulos 17, 18 y 19.

A continuación se describen los capítulos señalados en el manual y que se aplicaran en el desarrollo del presente trabajo:

2.3.7.1 Capítulo 17 Segmentos de Calles Urbanas

Metodología para Modo Automóvil

Se describe la metodología para evaluar el rendimiento de un segmento de la calle urbana. Una evaluación completa de la operación del segmento incluye un examen por separado de rendimientos para el modo de viaje pertinente para cada sentido del flujo. Las medidas de desempeño asociados a cada modo y la dirección de los mismos son evaluados de forma independiente el uno del otro. No se combinan matemáticamente en un solo indicador de rendimiento del segmento. Este enfoque garantiza que todos los impactos de rendimiento se consideran en un modo por la dirección base. Este capítulo proporciona una visión general de la metodología para evaluar el desempeño del segmento calle urbana desde la perspectiva del automóvil. La metodología es muy complicada y requiere un software para su implementación, debido a la necesidad de modelar los movimientos de tráfico que entran o salen del segmento en términos de su interacción con los demás y con los elementos de control de tráfico de la intersección del límite. La

metodología se utiliza para evaluar el rendimiento del automóvil en un segmento de calle urbana, analizando cada corriente de flujo por separado.

La metodología se ha desarrollado para evaluar el rendimiento del automóvil en un segmento de calle delimitada por la intersección que puede tener una variedad de tipos de control donde la mayor importancia radica en evaluar un sistema de señales coordinada, debido a que este tipo de control es el más complejo.

- Marco de Referencia

La Figura 17-8 ilustra el marco de la metodología de cálculo que será utilizado, se Identifica la secuencia de los cálculos necesarios para estimar las medidas de rendimiento seleccionadas. El proceso de cálculo se muestra de arriba hacia abajo en la exposición. El marco ilustra el proceso de cálculo que se aplica a dos tipos de sistemas: coordinados y no coordinados. El análisis de sistemas coordinados reconoce la influencia de una intersección señalizada aguas arriba en el rendimiento del segmento de calle. El análisis de sistemas no coordinados se basa en la suposición de que las llegadas a una intersección de límites son al azar.

El marco se subdivide en el tipo de control de tráfico utilizado en las intersecciones que limitan el segmento. Este enfoque reconoce que la intersección límite puede ser en cruz señalada, o de dos vías controladas por PARE, o regulada por una rotonda. Aunque no se indica en la exposición, la intersección límite también podría ser un terminal de intercambio. La medición de los resultados estimados para cada sentido de la flujo del segmento incluyen: Velocidad de viaje, - Tasa de paradas y presencia de vehículos viajero.

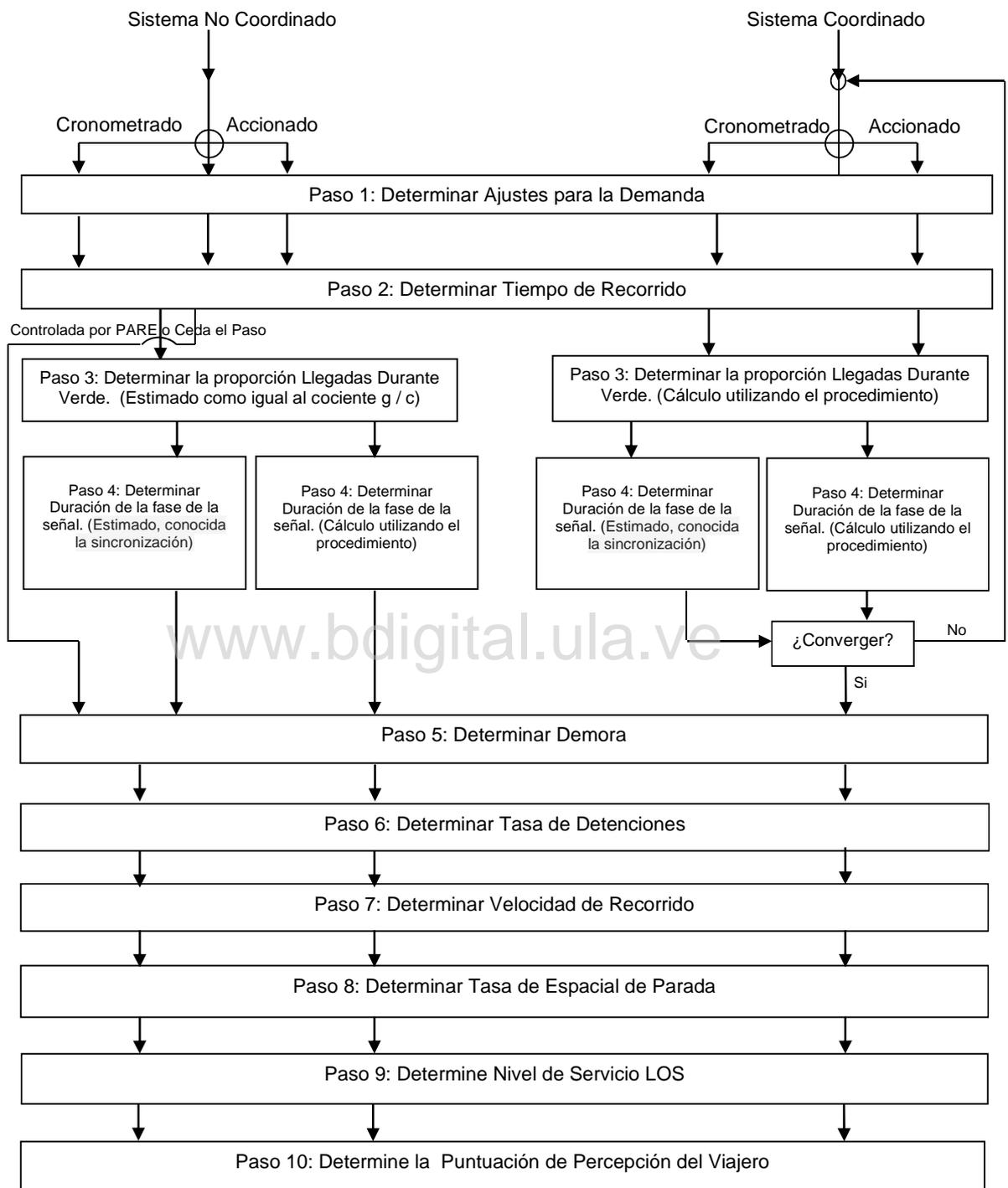


Figura 17-8 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil

- Paso 1: Determinar Ajustes para la demanda

Durante este paso, se realizan varios ajustes para asegurar que los volúmenes evaluados reflejan con precisión las condiciones de tráfico de segmento. Los ajustes incluyen (a) limitaciones en la entrada al segmento debido a la restricción de la capacidad, (b) el equilibrio de los volúmenes de entrada y salida del segmento, y (c) de mapeo trayectorias del flujo de entrada y la salida mediante el uso de una matriz origen destino. También durante este paso, se realiza una comprobación para la ocurrencia de solape de cola desde un segmento a otro segmento. Los procedimientos para realizar estos ajustes y los controles se describen en el capítulo 30. Estos ajustes y comprobaciones no se utilizan normalmente para la planificación y análisis de ingeniería preliminar.

Restricción de la capacidad

Cuando el volumen de la demanda de un movimiento de tráfico en la intersección superior a su capacidad, el volumen de desalojo de la intersección está restringido.

Volumen Combinado

Describe una condición en la que el volumen combinado con todos los movimientos que entran en un segmento, es igual al volumen combinado que sale del segmento, en una dirección de viaje.

Distribución por Destinos Origen

El volumen de tráfico que llega a una intersección aguas abajo de un movimiento descendente dado, representa el volumen combinado de cada punto de entrada ponderado por su porcentaje de contribución al movimiento descendente de aguas arriba.

Ocurrencia de solape de Colas

La ocurrencia de solape de colas en un segmento se caracteriza por ser de dos tipos: cíclica y sostenida. Cíclica se produce cuando se señala la intersección límite, aguas abajo y su cola solapa en la intersección de aguas arriba como resultado de crecimiento de la cola durante la indicación rojo.

www.bdigital.ula.ve

- Paso 2: Determinar Tiempo de Recorrido

El procedimiento para determinar el tiempo de recorrido en un segmento se describe en este paso. Este procedimiento incluye el cálculo de la velocidad de flujo libre, un factor de ajuste de la proximidad del vehículo, y el tiempo de funcionamiento adicional debido a demoras en el segmento. Cada cálculo se discute en las siguientes sub partes, que culminan con el cálculo del tiempo del segmento en ejecución.

0. Determinar Velocidad de Flujo Libre

La Velocidad de Flujo Libre representa la velocidad media de funcionamiento de los automóviles que viajan a lo largo de un segmento en condiciones de bajo volumen y no sin retrasos por los dispositivos de control de tráfico u otros

vehículos. Refleja el efecto del ambiente de la calle en la elección de la velocidad del conductor. Los elementos del entorno de la calle que influyen en esta elección en condiciones de flujo libre incluyen límite de velocidad, densidad de punto de acceso, el tipo medio, presencia acera, y la longitud del segmento. La determinación de la velocidad de flujo libre se basa en el cálculo de la velocidad base libre flujo y un factor de ajuste para la separación de señales.

Velocidad de Flujo Libre Base

La velocidad de flujo libre base se define como la velocidad de flujo libre en los segmentos más largos. Incluye la influencia del límite de velocidad, densidad de punto de acceso, el tipo de la mediana y la presencia de acera. Se calcula utilizando la ecuación 17-2.

Ecuación 17-2

$$s_{fo} = s_o + f_{cs} + f_A$$

Dónde

S_{fo} = Velocidad de flujo libre base

S_o = Velocidad constante

f_{cs} = Ajuste de sección transversal

f_A = Ajuste de puntos de acceso

Ajuste por Separación de Señales

La evidencia empírica sugiere que una longitud de segmento más corto tiende a influir en la elección de los conductores de la velocidad de flujo libre. La Ecuación de 17-3 se utiliza para calcular el valor de un factor de ajuste que da cuenta de esta influencia.

Ecuación 17-3

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 4.00)} \leq 1.0$$

Dónde

f_L = Factor de ajuste por separación de señales

S_{fo} = Velocidad de flujo libre base (mi/h)

L_s = Distancia entre intersecciones señalizadas (ft)

Velocidad de Flujo Libre

Velocidad de Flujo Libre se calcula utilizando la Ecuación 17-4 sobre la base de estimaciones de la velocidad de flujo libre base y el factor de ajuste de separación de señales. Alternativamente. Se puede entrar directamente por el analista.

Ecuación 17-4

www.bdigital.ula.ve

$$S_f = S_{fo} f_L$$

Donde

S_f = Velocidad de flujo libre

B. Calculo del Ajuste por la proximidad del vehículo

El factor de ajuste por la proximidad de un vehículo, consiste en ajustar el tiempo de ejecución del flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad del tráfico. El ajuste resulta en un aumento en el volumen. La reducción de la velocidad es el resultado de segmentos más cortos asociados con el alto volumen y la propensión del conductor para ser más cauteloso. Ecuación 17-5 se utiliza se utiliza para calculado del factor.

Ecuación 17-5

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8N_{th}S_f}\right)^{0.21}}$$

Donde

f_v = factor de ajuste de proximidad

v_m = Tasa de flujo canal compartido (veh/h)

N_{th} = número de canales en el segmento recto (ln)

S_f = Velocidad de flujo libre (mi/h)

C. Calcular Demoras debido a los vehículos que giran

Los vehículos que giran desde el segmento de vía puede provocar un retraso a los siguientes vehículos. Para los giros a la derecha, la demora se produce cuando se reduce la velocidad del vehículo que gira. Para los vehículos que giran a la izquierda, la demora se produce por los vehículos que deben la brecha segura para cruzar y generan cola mientras el vehículo ejecuta la maniobra de giro.

Para los análisis de planificación e ingeniería preliminar, la Tabla 17-13 se puede utilizar para estimar la demora debido a los vehículos que giran en un punto de la intersección se representan mediante el uso de un volumen en segmento medio que es típico para todos esos puntos de acceso. Los valores de la tabla representan la demora por los vehículos que giran a la izquierda y la derecha se convierte en una intersección. El valor seleccionado se multiplica por el número de intersecciones de acceso en el segmento para estimar demora debido a giros a la izquierda y derecha.

(= d_{ap} de la ecuación 17-6)

Los valores mostrados en la Tabla 17-13 representan el 10% giros a la izquierda y el 10% a la derecha desde el segmento

en la intersección. Si los porcentajes reales de giro están a menos de 10%, entonces las demoras pueden reducirse proporcionalmente.

TABLA 17-13
Demoras debida a los Vehículos que giran

Volumen en la mitad del segmento (veh/h/ln)	Demora de Vehículos por Número de Canales (s/veh/pt)		
	1 Canal	2 Canales	3 Canales
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 17 p 17-35.

D. Estimación de Demora debido a Otras fuentes

Muchos otros factores podrían causar que un conductor para reducir la velocidad e incurrir en una demora durante el viaje a lo largo de un segmento. Por ejemplo, un vehículo que está completando una maniobra de estacionamiento en paralelo puede causar a los siguientes vehículos cierta demora. Además, los vehículos que dan paso a los peatones en un paso de peatones ubicado al medio de un segmento pueden generar demora. Por último, los ciclistas que montan en un canal de tráfico o un canal adyacente para bicicleta pueden causar directa o indirectamente el tráfico de vehículos a adoptar una velocidad inferior.

La metodología del automóvil sólo incluye los procedimientos para estimar la demora debido a los vehículos que giran. Sin embargo, si es debida a otras fuentes se estima por otros

medios, entonces se puede incluir en la ecuación para calcular el tiempo de funcionamiento.

E. Calcular Tiempo de Recorrido del segmento

La Ecuación 17-6 se utiliza para calcular el tiempo de recorrido en el segmento basado en la consideración de que ambos están considerados en la intersección límite, la velocidad de flujo libre, la proximidad del vehículo.

Ecuación 17-6

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other}$$

Ecuación 17-7

$$f_x = \left\{ \begin{array}{l} 1.00 \text{ Intersecciones señalizadas o controladas con PARE en el canal recto} \\ 0.00 \text{ Movimientos rectos no controlados} \\ \min \left[\frac{v_{th}}{c_{th}}, 1.00 \right] \text{ Intersecciones controladas con CEDA EL PASO} \end{array} \right\}$$

Dónde

T_R = Tiempo de Recorrido en el segmento

L_t = Tiempo perdido en el arranque = 2 si señalizado, 2,5 si existe PARE.

L = longitud del segmento

f_x = factor de ajuste por tipo de control

v_{th} = velocidad de flujo a través de la demanda

$d_{ap,i}$ = Demora debido a giros a la izquierda y derecha de la calle hacia la intersección

N_{ap} = número de punto de acceso influyendo, cercanos al segmento = $N_{ap,s} + P_{ap,lt} N_{ap,o}$

$N_{ap,s}$ = número de puntos de acceso en la cercanías del giro a la derecha en la dirección de los viajes

$N_{ap,o}$ = número de puntos de acceso en la cercanías del giro a la izquierda en la dirección opuesta

d_{other} = Demoras por otras fuentes cercanas al segmento.

- Paso 3: Determinar la proporción Llegadas Durante Verde
Este paso se aplica a la intersección límite aguas abajo cuando se evalúa el funcionamiento de un segmento de calle urbana señalizada. Si la intersección límite aguas abajo no está señalizada, se salta este paso.

La metodología incluye un procedimiento para el cálculo de la proporción de vehículos que llegan durante el tiempo verde efectivo para la fase. El procedimiento descrito en el capítulo 18, Intersecciones señalizadas, se debe utilizar para las fases que sirven los grupos de canales externos.

Si la intersección de aguas arriba no está señalizado, entonces la proporción de llegada durante el verde es igual a la relación efectiva de verde a longitud del ciclo y se completa este paso. La relación implica que las llegadas son efectivamente uniforme durante el ciclo cuando se promedia en el periodo de análisis.

Si están coordinadas las intersecciones de límites, entonces, el cálculo de la proporción de llegadas durante la fase verde se basa en la frecuencia de la señal de las intersecciones límites de aguas arriba y aguas abajo. Este proceso se ilustra en la Ecuación 17-8 que indica que el cálculo de la duración media de fase cuando tenemos una intersección accionada.

Ecuación 17-8

$$P = \frac{n_g}{q_d C}$$

Dónde

P = proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde

n_g = Número de llegadas en verde durante el verde (veh)

q_d = tasa de flujo de las llegadas para el grupo canales descendente

C = longitud del ciclo

- Paso 4: Determinar Duración de la fase de la señal

Este paso se aplica a la intersección límite aguas abajo cuando se evalúa el funcionamiento de un segmento de calle urbana señalizada. Si la intersección límite aguas abajo no está señalizado, a continuación, se salta este paso.

Si la intersección límite aguas abajo las señales están controlada, entonces la duración de la fase de la señal es un valor de entrada. Si esta intersección tiene alguna forma de control accionado, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 18 se utiliza para estimar la duración media de fase. Paso 1 a 4 se repite hasta que la duración de cada fase en cada intersección señalizada converge a su valor de estado estacionario. La convergencia se indica cuando la estimación de la duración de la fase en dos repeticiones sucesivas es el mismo.

- Paso 5: Determinar Demora

La demora incurrida a los vehículos a medida que salen del segmento es la base para la estimación de tiempo de viaje. En este contexto, es un vehículo que entra y sale del segmento como un vehículo promedio. Estos modelos

pueden proporcionar una estimación razonable a través de la demora cuando el movimiento a través del segmento se hace con un vehículo que represente al tráfico.

El caculo se representa la suma de dos fuentes de demora. Una fuente es la demora debida al control de tráfico en la intersección límite se llama demora de control. El otro es la demora debida a la de la geometría de intersección, tales como curvatura y se llama demora geométrica.

Si mediante acciones de movimiento de uno o más canales en la intersección límite señalizada, se calcula la demora utilizando la Ecuación 17-9.

Ecuación 17-5

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1 - P_L) + d_{sr}v_{sr}(1 - P_R)}{v_{th}}$$

Donde

d_t = Demora en el movimiento recto (s/veh)

v_{th} = tasa de Demanda de flujo en el movimiento recto (veh/h)

d_{th} = Demora en el canal exclusivo de movimiento recto (s/veh)

v_t = Tasa de Demanda de flujo en el canal exclusivo de movimiento recto (veh/h)

N_t = Número de canales exclusivo para movimiento recto (veh/h)

d_{sl} = Demora en el canal de giro a la izquierda o grupo de canales (s/veh)

v_{sl} = Tasa de Demanda de flujo en el canal de giro a la izquierda (veh/h)

d_{sr} = Demora en el canal de giro a la derecha o grupo de canales (s/veh)

v_{sr} = Tasa de Demanda de flujo en el canal de giro a la derecha (veh/h)

P_L = Proporción de vehículos que giran a la izquierda (decimal)

P_R = Proporción de vehículos que giran a la derecha (decimal)

- Paso 6: Determinar Tasa de Detenciones

Al igual que con demora de control, la Tasa de Detenciones la tasa de parada de vehículos que entran y salen del segmento. La naturaleza de los modelos de tipos de parada que se describen en este paso hace que sea difícil separar las detenciones de vehículos en casos no controlados. Sin embargo, estos modelos pueden proporcionar una estimación razonable de la tasa de detención cuando el movimiento se hace a los movimientos de mayor flujo en el segmento.

La Tasa de Detenciones se define como el número promedio de paradas completas por vehículo. En la intersección señalizada se define cuando un vehículo desacelera a cero como consecuencia del cambio en la indicación de la señal de verde a rojo, pero no necesariamente en respuesta directa a una indicación roja. En una intersección no semaforizadas se define a ocurrir cuando un vehículo se desacelera a cero como consecuencia del dispositivo de control utilizado para regular el acceso.

La tasa de detenciones a través de un cruce señalizado límite se calcula utilizando la ecuación 17-10

Ecuación 17-10

$$h = 3600 \left(\frac{N_f}{\min \left(1, \frac{v_{th} C}{N_{th} s g} \right) g s} + \frac{N_{th} Q_{2+3}}{v_{th} C} \right)$$

Ecuación 17-11

$$N_f = \frac{N_{f,t} + N_t + N_{f,sl}(1 - P_L) + N_{f,sr}(1 - P_R)}{N_{th}}$$

Ecuación 17-12

$$s = \frac{s_t N_t + s_{sl}(1 - P_L) + s_{sr}(1 - P_R)}{N_{th}}$$

Ecuación 17-13

$$Q_{2+3} = \frac{(Q_{2,t} + Q_{3,t})N_t + (Q_{2,sl} + Q_{3,sl})(1 - P_L) + (Q_{2,sr} + Q_{3,sr})(1 - P_R)}{N_{th}}$$

www.bdigital.ula.ve

Donde

h = Tasa de Detenciones (paradas/veh)

N_f = Numero de vehículos completamente detenidos (veh/ln)

g = Tiempo de verde efectivo

s = Tasa ajustada de flujo de saturación (veh/h/ln)

Q_{2+3} = Tamaño de la cola (veh/ln)

$N_{f,t}$ = Número de vehículos completamente detenidos en el canal recto exclusivo o grupo de canales (veh/ln)

$N_{f,sl}$ = Número de vehículos completamente detenidos en el canal de giro a la izquierda o grupo de canales (veh/ln)

$N_{f,sr}$ = Número de vehículos completamente detenidos en el canal de giro a la derecha o grupo de canales (veh/ln)

N_{th} = Número de canales compartidos o exclusivos (ln)

s_t = Tasa de flujo de saturación en canal exclusivo recto o grupo de canales (veh/h/l_n)

s_{sl} = Tasa de flujo de saturación en el canal de giro a la izquierda o grupo de canales (veh/h/l_n)

s_{sr} = Tasa de flujo de saturación en el canal de giro a la derecha o grupo de canales (veh/h/l_n)

$Q_{2,t}$ = Segundo término del tamaño de la cola canal exclusivo recto o grupo de canales (veh/l_n)

$Q_{2,sl}$ = Segundo término del tamaño de la cola canal de giro a la izquierda o grupo de canales (veh/l_n)

$Q_{2,sr}$ = Segundo término del tamaño de la cola canal de giro a la derecha o grupo de canales (veh/l_n)

El primer término de la ecuación 17-10 representa la proporción de vehículos que se detuvo una vez por la señal. Para algunos de los más complejos polígonos llegada y salida que incluyen movimientos de giro a la izquierda que operan con el modo permitido, la cola se puede disipar en dos o más puntos durante el ciclo. Si esto ocurre, entonces N_f , que se calcula para cada uno de los períodos i entre los puntos de disipación de cola. El valor de N_f entonces es igual a la suma de la $N_{f,i}$ valores calculadas de esta manera.

El segundo término de la ecuación 17-10 representa las paradas adicionales que pueden ocurrir durante el desbordamiento. La contribución de este término se vuelve significativo cuando la relación de volumen a la capacidad excede de aproximadamente 0,8. La tasa de punto final varía típicamente de 0,4 paradas/veh a bajas relaciones de volumen a capacidad de 2,0 puntos/veh cuando la relación de volumen a la capacidad es de aproximadamente 1,0.

- Paso 7: Determinar Velocidad de Recorrido

Ecuación de 17-14 se utiliza para calcular la velocidad de desplazamiento de la dirección de los viajes a lo largo del segmento.

Ecuación 17-14

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)}$$

Donde

$S_{T,seg}$ = Velocidad de Recorrido de los vehículos por el segmento (mi/h)

L = Longitud del segmento (ft)

t_R = Tiempo de Recorrido del segmento (s)

d_t = Demora (s)

- Paso 8: Determinar Tasa de Espacial de Parada

Ecuación de 17-15 se utiliza para calcular la Tasa de Parada Espacial para la dirección de los viajes a lo largo del segmento.

Ecuación 17-15

$$H_{seg} = 5280 \frac{h + h_{other}}{L}$$

Donde

H_{seg} = Tasa Espacial de Parada para el segmento (stops/mi)

h = Tasa de Paradas

h_{other} = Tasa de paradas debido a la otros servicios (stops/veh)

- Paso 9: Determine Nivel de Servicio LOS

Se determina para ambos sentidos de marcha a lo largo del segmento. La Tabla 17-2 enumera los umbrales establecidos para el Nivel de Servicio LOS. Como se indica en esta exposición, LOS está definida por dos medidas de

desempeño. Una medida es la velocidad de desplazamiento a tal efecto en los vehículos, expresados como porcentaje de la velocidad de flujo libre base. La segunda medida es la relación de volumen a la capacidad a través del movimiento en la intersección límite aguas abajo. La relación de volumen a la capacidad para el a través del movimiento en la intersección límite se calcula como el volumen dividida por la capacidad. Esta capacidad es una variable de entrada la metodología.

El atributo LOS a cada dirección de desplazamiento se aplica al segmento, que incluye tanto el enlace y la intersección límite aguas abajo. La metodología del automóvil no asigna un indicador LOS a la parte de unión del segmento.

Tabla 17-2 Niveles de Servicio LOS establecidos para modo automóviles en calles urbanas

www.bdigitalula.ve
TABLA 17-2
Niveles de Servicio LOS

Velocidad de Viaje como un porcentaje de la velocidad de Flujo Libre (%)	Nivel de Servicio LOS por Relación Volumen a Capacidad	
	≤ 1.0	>1.0
> 85	A	F
> 67 - 85	B	F
> 50 - 67	C	F
> 40 - 50	D	F
> 30 - 40	E	F
≤ 30	F	F

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 17 p 17-7.

- Paso 10: Determine la Puntuación de Percepción del Viajero
 El índice de percepción de viajero se proporciona como una medida de rendimiento útil. Indica percepción de la calidad de servicio al viajero. La puntuación se calcula utilizando la ecuación 17-16 a la Ecuación 17.

Ecuación 17-16

$$I_{a,seg} = 1 + P_{BCDEF} + P_{CDEF} + P_{DEF} + P_{EF} + P_F$$

Con

Ecuación 17-17

$$P_{BCDEF} = (1 + e^{-1.1614 - 0.253H_{seg} + 0.3434P_{LTL,seg}})^{-1}$$

Ecuación 17-18

$$P_{CDEF} = (1 + e^{0.6234 - 0.253H_{seg} + 0.3434P_{LTL,seg}})^{-1}$$

Ecuación 17-19

$$P_{DEF} = (1 + e^{1.7389 - 0.253H_{seg} + 0.3434P_{LTL,seg}})^{-1}$$

Ecuación 17-20

$$P_{EF} = (1 + e^{2.7047 - 0.253H_{seg} + 0.3434P_{LTL,seg}})^{-1}$$

Ecuación 17-21

$$P_F = (1 + e^{3.8044 - 0.253H_{seg} + 0.3434P_{LTL,seg}})^{-1}$$

Donde:

$I_{a,seg}$ = Puntuación de la Percepción del Viajero para el segmento

P_{BCDEF} = Probabilidad de que un individuo responda con una calificación B, C, D, E o F.

P_{CDEF} = Probabilidad de que un individuo responda con una calificación C, D, E o F.

P_{DEF} = Probabilidad de que un individuo responda con una calificación D, E o F.

P_{EF} = Probabilidad de que un individuo responda con una calificación E o F.

P_F = Probabilidad de que un individuo responda con una calificación F.

$P_{LTL,seg}$ = Proporción de la intersección con canal de giro a la izquierda o bahía en el segmento (decimal)

Otras variables se definen como antes. La derivación de la ecuación 17-16 se basa en la asignación de puntuaciones a cada calificación, en la que una puntuación de "1" se asigna a la calificación de A (que denota "mejor"), "2" está asignado a B, y En Poco Tiempo. Los resultados del estudio se utilizaron para calibrar un conjunto de modelos que predice colectivamente la probabilidad de que un viajero asignará varias combinaciones de calificación para una tasa de parada espacial especificada y la proporción de las intersecciones con canales de giro izquierda. La puntuación obtenida de la ecuación 17-16 representa el puntaje esperado para la población de los viajeros.

La proporción de las intersecciones con canales de giro a la izquierda es igual al número de canales de giro izquierda (o bahías) que se encontró durante la conducción a lo largo del segmento dividido por el número de intersecciones encontradas. La intersección límite señalizada se cuenta (si existe). Todas las intersecciones semaforizadas de la vía pública se cuentan. Las intersecciones privadas no se cuentan, a menos que sean señal controlada. La puntuación obtenida de la ecuación 17-16 proporciona una indicación útil de la rentabilidad desde el punto de vista del viajero. Puntaje de 2,0 o menos indican el mejor servicio percibido, y los valores superiores a 5,0 indican el peor servicio percibido. Aunque esta partitura está estrechamente vinculada al concepto de calidad del servicio, no se utiliza para determinar LOS para el segmento de calle urbana.

2.3.7.2 Capítulo 18 Intersecciones semaforizadas:

Metodología para Modo Automóvil

Este capítulo proporciona una visión general de la metodología para evaluar el desempeño de una intersección semaforizada, desde la perspectiva de usuario. La metodología es bastante compleja y para su desarrollo se requiere la implementación de un software. Su complejidad es función de la necesidad de modelar el funcionamiento del semáforo para las condiciones de la infraestructura y del tráfico. Los valores por defecto se proporcionan en la sección 3 denominada Aplicaciones, con la finalidad de apoyar la entrada de datos que no están disponibles y son requeridos durante el análisis.

Debido a la complejidad de los cálculos, el objetivo de esta metodología es mostrar al analista el proceso de cálculo y discutir los procedimientos analíticos. Esta metodología logra centrar la discusión en los grupos de canales que sirven a un solo movimiento de tráfico con el control pre programado y para los que no hay movimientos de giro a la izquierda permitido y protegido.

- Marco de Referencia

En la Figura 18-11 se ilustra el marco de la metodología de cálculo para el modo automóvil. Se identifica la secuencia de los cálculos necesarios para estimar y seleccionar las medidas de desempeño. Se muestra el flujo del proceso desde de arriba hacia abajo. Estos cálculos se describen con más detalle a continuación.

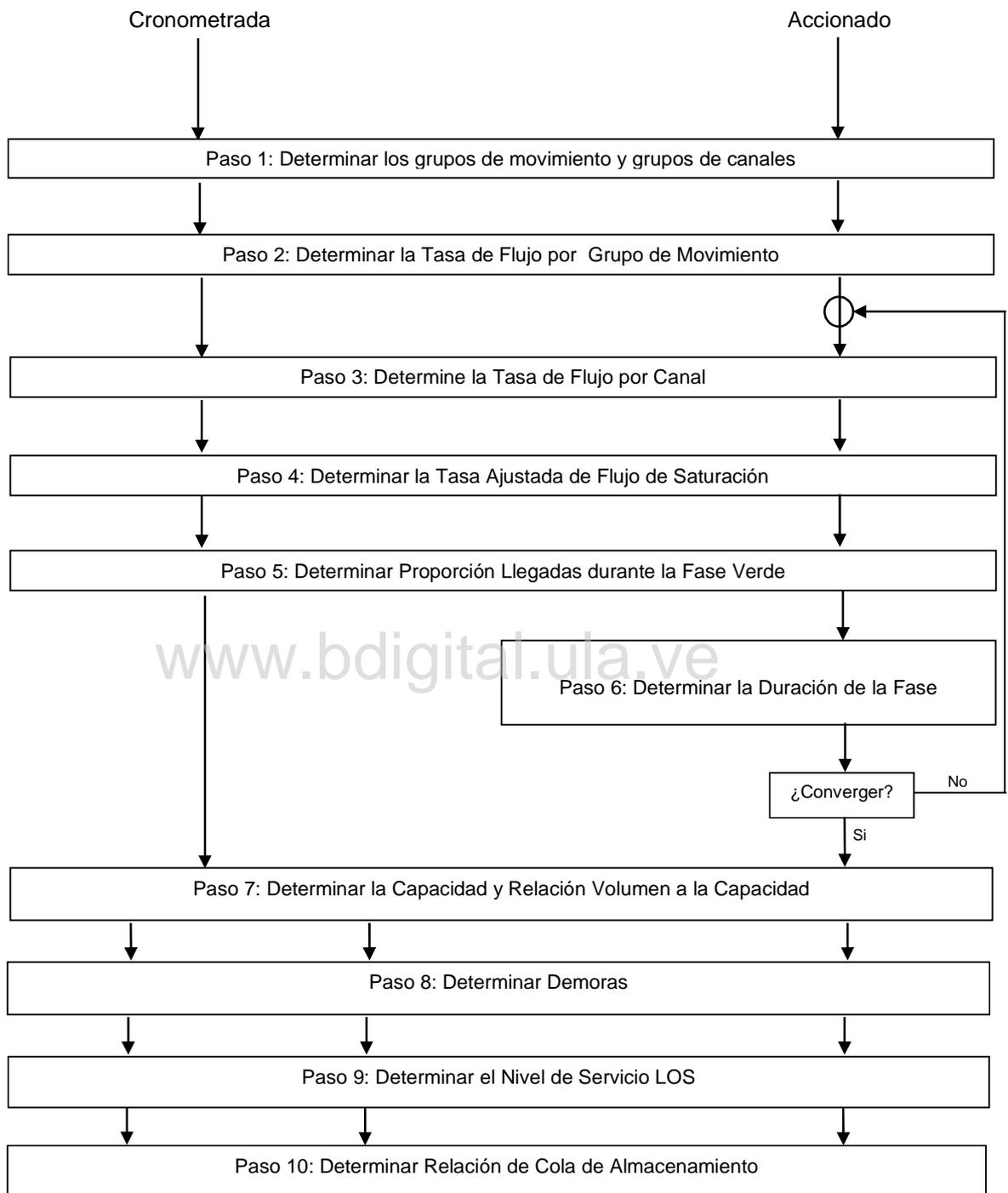


Figura 18-11 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil

- Paso 1: Determinar los grupos de movimiento y grupos de canales

La metodología para intersecciones semaforizadas utiliza el concepto de grupos de movimientos y grupos de canales para describir y evaluar el funcionamiento de intersección. Estas dos denominaciones de grupos son muy similares en significado. De hecho, sus diferencias surgen sólo cuando un canal compartido está presente en un acceso con dos o más canales. Cada designación se define en los siguientes párrafos. La designación grupo de movimiento es un término útil para especificar los datos de entrada. Por el contrario, la designación de grupo de canales es un término útil para describir los cálculos asociados con la metodología.

Las siguientes reglas se utilizan para determinar grupos de movimiento de un acceso en una intersección:

- Un movimiento de giro que está limitado por uno o más canales exclusivos y no hay canales compartidos debe ser designado como un grupo de movimiento.

- Cualquier canal no asignados a un grupo por la regla anterior se deben combinar en un solo grupo de movimiento. Estas reglas resultan en la designación de uno a tres grupos de movimiento para cada acceso.

El concepto de grupos de canales es útil cuando, un canal compartido está presente en un acceso que tiene dos o más canales. Varios procedimientos en la metodología requieren alguna indicación de sí el canal compartido sirve para mezclar vehículos de otra corriente de tráfico o funciona como un exclusivo canal de giro. Este problema no se puede resolver hasta que la proporción de giros en el canal compartido ha sido contada. Si la proporción calculada de los

giros en el canal común es igual a 1,0 (es decir, 100%), el canal común se considera para operar como un exclusivo canal de giro.

Las siguientes reglas se utilizan para determinar los grupos de canales del acceso a una intersección:

- Un canal o canales de giro exclusivo a la izquierda deben ser designados como grupo canal separado. Lo mismo puede decirse de un canal exclusivo de giro a la derecha.
- Cualquier canal compartido debe ser designado como un grupo canal separado.
- Cualquier canal o canales que no son de giro exclusivo o canales compartidos se deben combinar en un solo grupo canal.

Estas reglas dan lugar a la conformación de una o más de las siguientes posibilidades para grupo de canales en un acceso a la intersección.

- Canal de giro exclusivo a la izquierda (o canales),
- Canal de giro exclusivo a la derecha (o canales),
- Canal compartido de giro a la izquierda,
- Canal compartido de giro a la izquierda y derecha,
- Canal compartido de giro a la derecha, y

La metodología se puede aplicar a cualquier combinación lógica de estos grupos de canales. En la Figura 18-12 se muestran algunos de los más comunes grupos de movimientos y grupos de canales.

Análisis típico para Grupos de Canales

Número de canales	Movimientos por canal	Movimientos por Grupo (MG)	Grupo de Canal (LG)
1	Izquierda, recto, y derecha 	MG 1: 	LG 1: 
2	Exclusivo a la Izquierda  Recto y derecha 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2: 
2	Izquierda y recto  Derecha y recto 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2: 
3	Exclusivo a la Izquierda  Recto  Recto  Derecha y recto 	MG 1:  MG 2:  MG 3: 	LG 1:  LG 2:  LG 3: 

Figura 18-12 Grupos de movimientos y grupos de canales más comunes.

- **Paso 2: Determinar la Tasa de Flujo por Grupo de Movimiento**

La tasa de flujo para cada grupo de movimiento se determina en este paso. Si un movimiento a su vez es servida por uno o más canales exclusivos y no hay canales compartidos, a continuación, se le asigna a un grupo de movimiento la tasa de flujo. La tasa de flujo RTOR se resta de la tasa de flujo de los giros a la derecha, independientemente de que el giro a la derecha se produzca desde un canal exclusivo o compartido. En una intersección existente, el número de RTOR debe ser determinado por la observación de campo.

- Paso 3: Determine la Tasa de Flujo por Canal

Si no hay canales compartidos en el acceso de la intersección o el acceso tiene un solo canal, hay una correspondencia uno a uno entre los grupos de canal y grupos del movimiento. En esta situación, la tasa de flujo del grupo canales será igual a la tasa de flujo del grupo de movimiento.

Si hay más de un canal compartido en el acceso y dos o más canales, a continuación, la tasa de flujo del grupo canales se calcula mediante el procedimiento descrito en el capítulo 31. El procedimiento se basa en un deseo asumido por los conductores para elegir el canal que minimice su tiempo en la intersección, donde se utiliza la relación de flujo de volumen a saturación de canal, para estimar diferencias relativas entre los canales. Este supuesto no siempre podrá ser utilizado en situaciones en las que los conductores optan por un canal en el acceso que este pre posicionado para un giro en una intersección de aguas abajo. En esta situación, el analista necesita proporcionar como entrada la tasa de flujo de la demanda de cada canal en el acceso y agregarlos según corresponda para definir el la tasa de flujo del grupo de canales.

- Paso 4: Determinar la Tasa Ajustada de Flujo de Saturación

La tasa ajustada de flujo de saturación para cada canal de los grupos de canales se calcula en este paso. La tasa de flujo de saturación de base es proporcionada como una variable de entrada que se utiliza en este cálculo.

La tasa de flujo de saturación calculada se conoce como la tasa de flujo "ajustada" de saturación, ya que refleja la aplicación de diversos factores que ajustan la tasa de flujo de

saturación de base a las condiciones específicas presenta en el acceso de la intersección.

El procedimiento descrito en este paso se aplica al grupo de canales que contengan un canal exclusivo (o canales) que operan en un modo de protegido y sin interacción con peatones o en bicicleta. Cuando estas condiciones no se cumplen, los procedimientos complementarios que se describen en el capítulo 31 deben combinarse con los de este paso para calcular la tasa ajustada de flujo de saturación.

La ecuación de 18-5 se utiliza para calcular la tasa de flujo de saturación ajustada por canal para el grupo canales.

Ecuación 18-5

$$s = s_0 f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$$

Donde

s = Tasa ajustada de saturación (veh / h / ln)

s_0 = Tasa de flujo de saturación base

f_w = factor de ajuste por ancho de canal

F_{HV} = factor de ajuste por presencia de vehículos pesados en flujo de tráfico

f_g = factor de ajuste por pendiente en los accesos

f_p = factor de ajuste por la existencia de un canal de estacionamiento y la maniobras de estacionamiento

f_{bb} = factor de ajuste para el efecto de los autobuses locales que paran y bloquen la intersección

f_a = factor de ajuste para el tipo de área

F_{LU} = factor de ajuste para la utilización del canal

F_{LT} = factor de ajuste por presencia de vehículos que giran a la izquierda en el grupo de canales

F_{RT} = factor de ajuste por presencia de vehículos que giran a la derecha en el grupo de canales

F_{LPP} = factor de ajuste por presencia de peatones en el canal de giro a la izquierda.

f_{Lpb} = factor de ajuste de peatones y bicicletas en el canal de giro a la derecha de giro.

Los factores de ajuste en la lista anterior se describen a continuación:

- *Tasa de Flujo de Saturación Base:*

Esta base representa una tasa de flujo promedio de un canal cuyas las condiciones geométricas y de tráfico corresponden a un valor de 1,0 para cada factor de ajuste. Típicamente, se seleccionó una tasa base para representar toda intersección semaforizada en el área en que se encuentra. El valor por defecto para esta tasa es de 1900 veh/h.

- *Ajuste por Ancho de canal según la tabla siguiente*

El factor de ajuste por canal f_w explica el impacto negativo de las calles estrechas sobre el flujo de saturación y permite incrementar la tasa de flujo a través del ancho del canal. Los valores de este factor se muestran en la Tabla 18-13

TABLA 18-13
Factor de ajuste por canal f_w

Ancho Promedio de Canal (ft)	Adjustment Factor (f_w)
< 10.0 ^a	0.96
≥ 10.0 – 12.9	1.00
> 12.9	1.04

Note: ^a Los factores se aplican a los anchos de canal promedio de 8.0 pies o más
Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵,
Cap. 18 p 18-36.

- *Ajuste por Vehículos Pesados*

El factor de ajuste por vehículos pesados F_{HV} representa el espacio adicional ocupado por vehículos pesados y para la diferencia en sus capacidades de funcionamiento, en comparación con los vehículos de pasajeros. Este factor no se ocupa de los autobuses locales que paran en la zona de intersección. Los valores de este factor se calculan con la Ecuación 18-6.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} (E_T - 1)}$$

Donde

P_{HV} = Porcentaje de vehículos pesados en el grupo de movimiento correspondiente (%), y

E_T = número equivalente de vehículos por cada vehículo pesado = 2,0.

- *Ajuste de Pendiente*

El factor de ajuste por pendiente f_g representa los efectos de la pendiente en los accesos a la intersección sobre el

rendimiento del vehículo. Los valores de este factor se calculan con la Ecuación 18-7.

Ecuación 18-7

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

Donde P_g es la pendiente del acceso para el grupo de movimiento correspondiente (%). Este factor se aplica a las pendientes que van desde -6,0% a + 10%. Una pendiente ascendente tiene un valor positivo y en descenso tiene un valor negativo.

- *Ajuste por Estacionamiento*

El factor de ajuste f_p por estacionamiento toma en cuenta el efecto de fricción de un canal de estacionamiento en el flujo en el grupo de canales adyacente. También toma en cuenta el bloqueo ocasional de un canal adyacente por vehículos en movimiento hacia fuera de los espacios de estacionamiento. Si no dispone de estacionamiento, entonces este factor tiene un valor de 1,00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la Ecuación de 18-8.

Ecuación 18-8

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde

N_m = Tasa por maniobras de estacionamiento (maniobras / h), y

N = número de canales en el grupo

La tasa de maniobra de estacionamiento se corresponde con zonas de estacionamiento justo al lado del grupo de canales y dentro de 250 pies aguas arriba de la línea de parada. El límite superior recomendado es de 180 maniobras/h se debe mantener con la ecuación 18-8. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es 0.050. Se supone que por cada maniobra (ya sea dentro o fuera) que pueda bloquear el tráfico en el canal tiene un promedio de 18 s.

El factor se aplica sólo al grupo de canal que se encuentra junto al estacionamiento.

- *Ajuste por Obstrucción de Buses*

El factor de ajuste por obstrucción de buses F_{BB} toma en cuenta el impacto sobre el tránsito que causan los buses locales que detienen para descargar o recoger pasajeros en un lateral cerca o parada de autobús dentro de 250 pies de la línea de parada (aguas arriba o aguas abajo). Los valores de este factor se calculan con la Ecuación 18-9.

Ecuación 18-9

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde N es el número de canales en el grupo de canal y N_b es la tasa de autobuses que se detienen (autobuses/h)

Este factor se debe usar sólo cuando los autobuses que detienen y bloquean el flujo de tráfico en el grupo de canales. Se recomienda como máximo valor 250 autobuses / h. Un valor mínimo de F_{BB} partir de la ecuación es 0.050. El factor

utilizado aquí asume un tiempo medio de bloqueo de 14.4 s durante una indicación verde.

- *Ajuste por Tipo de Área*

Este factor toma en cuenta la ineficiencia de intersección por la ubicación de la misma en relación con los de otros lugares CBDs. Cuando se usa, tiene un valor de 0,90. El uso de este factor debe ser determinado estudiando cada caso. Este factor no se limita a las áreas designadas del CDB, ni tiene por qué ser para todas las áreas de la CDB. En su lugar, debe utilizarse en zonas en las que el diseño geométrico y de los flujos de tráfico o peatonales, o ambos, son tales que los intervalos entre vehículos se incrementan significativamente.

- *Ajuste por Utilización del Canal*

El ajuste se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación para un grupo canales con más de un canal exclusivo. Si el grupo de canales tiene un canal compartido o un carril exclusivo, a continuación, este factor es 1.0.

- *Ajuste por Giros a la Derecha*

El factor de ajuste de giro a la derecha F_{RT} está pensado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la Ecuación de 18-10.

Ecuación 18-10

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Donde E_R es el número equivalente de vehículos que giran a la derecha (= 1.18). Si el movimiento de giro a la derecha

comparte un canal con otro movimiento o ha permitido el funcionamiento, entonces debe remitirse al capítulo 31.

- *Ajuste por Giros a la Izquierda*

El factor de ajuste de giro a la izquierda F_{LT} está pensado principalmente para reflejar el efecto del giro a la izquierda sobre la geometría en la tasa de saturación. El valor de este factor de ajuste se calcula con la Ecuación de 18-11.

Ecuación 17-18-11

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Donde E_L es el número equivalente de vehículos que giran a la izquierda (= 1,05).

Si el movimiento de giro a la izquierda comparte un canal con otro movimiento o ha permitido el funcionamiento, entonces se debe remitir al procedimiento descrito en el capítulo 31. El efecto de los peatones en flujo de saturación de giro a la izquierda se considera en un factor de ajuste por separado.

- *Ajuste por Presencia de Peatones y Bicicletas*

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de Peatones y Bicicletas F_{LPP} para giro a la izquierda y el factor de ajuste de Peatones Bicicletas para giro a la derecha f_{Lpb} , se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, entre los vehículos que giran, peatones y bicicletas. La ocupación de la zona de conflicto tiene en cuenta si el flujo de vehículos está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. La proporción de tiempo verde en la que está

ocupada la zona de conflicto se determina como una función de la ocupación correspondiente y el número de canales para los vehículos que giran. Un procedimiento para el cálculo de estos factores se proporciona en el Capítulo 31.

- Paso 5: Determinar Proporción Llegadas durante la Fase Verde

La demora de control y el tamaño de la cola en una intersección semaforizada son altamente dependientes de la proporción de vehículos que llegan durante las indicaciones de señal verde y rojo. Los mismos son más pequeños cuando una mayor proporción de vehículos llegan durante la indicación verde. Ecuación 18-12 se utiliza para calcular esta proporción para cada grupo de canales.

Ecuación 18-12

$$P = R_p \left(\frac{g}{C} \right)$$

Todas las variables se definen como antes. Esta ecuación requiere conocer el tiempo verde g y la duración del ciclo C . Estos valores son conocidos por operación permitida en el semáforo. Si la intersección no está programada, a continuación, el promedio de tiempo de fase y la duración del ciclo deben calcularse por los procedimientos descritos en la siguiente etapa.

El procedimiento en el Capítulo 17 se puede utilizar para estimar el perfil de flujo de llegada de un acceso cuando se evalúa éste como parte de un segmento de calle urbana. Los procedimientos utilizan el perfil para calcular la proporción de llegadas durante el indicador verde.

- Paso 6: Determinar la Duración de la Fase

La duración de la señal de una fase depende del tipo de control que se utiliza en la intersección. Si la intersección ha sido control con cronómetros, entonces la duración de fase es una entrada y este paso se omite. Si la duración es desconocida, entonces el procedimiento de duración para programación de la fase se explica en la Sección 2 del Capítulo 31 se puede utilizar la estimación de la duración de la fase programada.

Si la intersección ha accionado por control, entonces el procedimiento duración de la fase de accionamiento en la Sección 2 del Capítulo 31 se utiliza en este paso para estimar la duración media de una fase accionada. Se distingue entre tipos de fase accionado, sin coordinación, y coordinados.

Es útil en este punto para conocer los diversos términos que definen duración de la fase. Algunos términos son específicos de la operación accionada; Sin embargo, la mayoría de las construcciones son igualmente aplicables a la operación programada.

La duración de una fase de accionamiento se compone de periodos de tiempo en vivo. El primer período representa el tiempo perdido mientras la cola reacciona a la indicación de la señal a verde. El segundo intervalo representa el tiempo requerido para disipar la cola de los vehículos. El tercer período representa el tiempo la indicación verde, se extiende por los vehículos que llegan al azar. Termina cuando hay un vacío en el tráfico (es decir, la brecha de salida) o el verde se extiende hasta el límite máximo (es decir, máximo fuera). El cuarto período representa el intervalo de cambio de color amarillo, y el quinto período representa el intervalo de

aclaramiento de rojo. La duración de una fase de accionamiento se define por la Ecuación 18-13.

Ecuación 18-13

$$D_p = L_l + g_s + g_e + Y + R_c$$

D_p = duración de la fase (s)

L_l = tiempo perdido ed el arranque = 2,0 (s)

g_s = tiempo de servicio de cola (s)

g_e = tiempo de extensión verde (s)

Y = intervalo de amarillo (s), y

R_c = intervalo de rojo (s)

El tiempo de verde eficaz para la fase se calcula con la siguiente Ecuación 18-14:

Ecuación 18-14

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e$$

Donde

L_2 = Tiempo de despeje = $Y + R_c - e$ (s)

e = Extensión de la efectiva verde = 2.0 (s), y todas las demás variables se definen como anteriormente.

- Paso 7: Determinar la Capacidad y Relación Volumen a la Capacidad

Relación Volumen a la Capacidad de un Grupo de Canales

La capacidad de un grupo determinado canales que sirve a un movimiento de tráfico, y para el cual no hay movimientos de giro izquierda permitido, se define por la Ecuación 18-15.

Ecuación 18-15

$$c = N s \frac{g}{C}$$

Donde c es la capacidad (veh/h) y otras variables se definen como anteriormente. Esta ecuación no puede ser utilizada para calcular la capacidad de un grupo de canales, canal compartido o un grupo de canales con la operación de giro a la izquierda permitida, debido a que estos grupos de canales tienen otros factores que afectan a su capacidad. El Capítulo 31 proporciona un procedimiento para estimar la capacidad de estos tipos de grupos de canal.

La relación de volumen a la capacidad para un grupo canales se define como la relación entre el volumen del grupo de canal y su capacidad. Se calcula utilizando la Ecuación 18-

16.

Ecuación 18-16

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde

X = relación volumen a capacidad,

v = tasa de flujo de la demanda (veh/h), y

c = capacidad (veh / h)

Relación Crítica Volumen a la Capacidad en Intersección

Otro concepto que se utiliza para el análisis de las intersecciones es la relación crítica de volumen a la capacidad X_c . Se calcula utilizando la Ecuación 18-17 con la Ecuación 18-18.

$$X_c = \left(\frac{C}{C - L} \right) \sum_{i \in c_i} y_{c,i}$$

Con

$$L = \sum_{i \in c_i} L_{t,i} a_n$$

X_c = Relación crítica volumen a la capacidad en Intersección

C = longitud del ciclo (s)

$Y_{c,i}$ = relación crítica de flujo en la fase $i = v_i / (N_{s_i})$

$L_{t,i}$ = tiempo perdido en la fase = $L1, I + L2, I$ (s)

c_i = conjunto de las fases críticas, y

L = tiempo perdido en el ciclo (s)

La sumatoria de cada una de estas ecuaciones representa la suma de una variable específica para el conjunto de las fases críticas. Una fase crítica es una fase de un conjunto de fases que se producen en secuencia y cuya relación de flujo combinado es el más grande para el ciclo de la señal. La ruta crítica y las fases críticas se identifican mediante mapeo de flujos de tráfico a un diagrama de fases de doble anillo.

La Ecuación de 18-17 se basa en la suposición válida, que cuando la duración verde es eficaz para cada fase crítica, i es proporcional a $Y_{c,i} / \sum Y_{c,i}$. Cuando esta suposición se mantiene, la relación de volumen a la capacidad para cada fase crítica es menor que o igual a la relación crítica de volumen a la capacidad en la intersección.

Identificación de Grupos de Canales Críticos y Tasa de Flujo Crítica.

El cálculo de la relación crítica de volumen a la capacidad en la intersección requiere la identificación de las fases críticas.

Esta identificación se inicia mediante la asignación de todos los movimientos de tráfico a un diagrama de doble anillo.

A continuación, la relación de flujo del grupo de canales, se calcula para cada grupo servido por la fase. Si un grupo canales se sirve sólo durante una fase programada, entonces su relación de flujo se calcula como la tasa de flujo del grupo de canales (por canal) dividido por la tasa de flujo de saturación del grupo canales. Si un grupo canales se sirve durante múltiples fases programadas, a continuación, una relación de flujo se calcula para cada fase. Específicamente, la tasa de flujo de demanda y la de saturación se producen durante una fase determinada se utilizan para calcular la relación de flujo para el grupo canales de esa fase.

- Paso 8: Determinar Demoras

La demora calculada en este paso representa el control promedio de demora experimentada por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier retraso incurrido por estos vehículos que aún se encuentran en la cola después de que termine el período de análisis. Se calcula utilizando la Ecuación 18-19.

Ecuación 18-19

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde

d = control de demora (s/veh)

d_1 = demora uniforme (s/veh).

d_2 = demora incremental (s/veh)

d_3 = demora inicial por cola (s/veh)

$$d_1 = \frac{0.50 C (1 - \frac{g}{c})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{c} \right]}$$

$$d_3 = \frac{3600}{v T} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c_A} - \frac{Q_b^2}{2c_A} \right)$$

$$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A)$$

Si $v \geq c_A$, entonces

$$Q_{eo} = T(v - c_A)$$

$$t_A = T$$

Si $v < c_A$, entonces

$$Q_{eo} = 0.0 \text{ veh}$$

$$t_A = \frac{Q_b}{(Q_b - v)} \leq T$$

$$t_c = t_A + \frac{Q_e}{c_A}$$

$$d_2 = 900T \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 k X_A}{c_A T}} \right]$$

$$X_A = \frac{v}{c_A}$$

- Paso 9: Determinar el Nivel de Servicio LOS

La tabla 18-4 se utiliza para determinar el Nivel de Servicio LOS en cada grupo de canales, cada acceso, y la intersección como un todo. Nivel de Servicio LOS es una indicación de la aceptable de los niveles de demora para los usuarios de la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para los grupos de canales individuales.

Criterios de Niveles De Servicio LOS

Este apartado describe los Criterios LOS para el Modo de Automóvil. Los criterios son diferentes de aquellos para los Modos No Automovilístico. En concreto, se basan en medidas de desempeño que son medidas de campo y perceptible por los usuarios que indican su percepción de la calidad del servicio.

Modo Automóvil

LOS se puede caracterizar para toda la intersección, cada acceso de la intersección, y cada grupo canal. Control de Demora solo se utiliza para caracterizar LOS de toda la intersección o un acceso. Control de demora y la relación de Volumen a la Capacidad se utilizan para caracterizar LOS para un grupo canales. La demora cuantifica el incremento del tiempo de viaje debido al control de señales de tráfico. También es una medida sustituta de la incomodidad del conductor y el consumo de combustible. La relación volumen a la capacidad cuantifica el grado en que la fase de capacidad es utilizada por un grupo de canal.

Tabla 18-4. Valores LOS establecidos para el Modo del Automóvil en la Intersección Semaforizada.

TABLA 18-4
Valores LOS establecidos para el Modo del Automóvil en la Intersección Semaforizada

Control de Demora (s/veh)	LOS y Relación Volumen a la Capacidad ^a	
	≤ 1.0	≥ 1.0
≤ 10	A	F
> 20 - 35	B	F
> 20 - 35	C	F
> 35 - 55	D	F
> 55 - 80	E	F
> 80	F	F

Nota: ^a Para las evaluaciones de ancho en el acceso de la intersección, LOS se define únicamente por el Control de Demora
 Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 18 p 18-6.

- Paso 10: Determinar Relación de Cola de Almacenamiento
Un procedimiento se describe en el Capítulo 31 para estimar el tamaño de la cola y la relación de almacenamiento. La parte posterior de la cola, es la posición del vehículo detenido más alejado de la línea de parada durante el ciclo, como consecuencia de la visualización de una indicación de la señal roja. El tamaño de la cola depende del patrón de la llegada de los vehículos y del número de vehículos que no desaloje la intersección durante el ciclo anterior.
La relación de almacenamiento de la cola representa, la proporción de la distancia de almacenamiento disponible durante el ciclo cuando y que alcanza la posición más alejada. Si esta relación es superior a 1,0, entonces el espacio de almacenamiento se desbordará y los vehículos de cola pueden bloquear a otros vehículos que se mueva hacia adelante.

Interpretación de los resultados

Los cálculos discutidos en los pasos anteriores son resultados de la estimación de la Demora de control y Niveles de Servicio LOS para cada grupo de canales, para cada acceso, y la intersección como un todo. También producen una relación de volumen a la capacidad para cada grupo de canales y una relación crítica en la intersección de volumen a la capacidad. Entonces se ofrece algunas interpretaciones útiles de estas medidas de desempeño.

Nivel de Servicio

En general, LOS es una indicación de la aceptabilidad en general de las demoras para los conductores. En este

sentido, hay que recordar que lo que podría ser un aceptable en una gran ciudad no es necesariamente aceptable en una ciudad más pequeña o zona rural.

El Nivel de Servicio LOS en una Intersección debe interpretarse con cautela, se puede sugerir un funcionamiento aceptable de la intersección cuando en ciertos grupos de canales en realidad (especialmente aquellos con menores volúmenes) están operando a un LOS inaceptable, entonces esto se oculta en el nivel de la intersección por un rendimiento aceptable de los grupos de canales de mayor volumen. El analista siempre debe verificar que cada uno de los grupos de canales está proporcionando un funcionamiento aceptable y considerar informar los Nivel de Servicio LOS para el grupo de canales de menor desempeño como medio de proporcionar el contexto para la interpretación de intersección LOS.

Factor de Utilización de la Capacidad en la Intersección (ICU)

Cuyas siglas en inglés son Intersection Capacity Utilization: Es un valor porcentual que permite clasificar el Nivel de Servicio LOS ICU de una intersección; hace referencia acerca de cómo está funcionando una intersección y cuánta capacidad extra tiene disponible para manejar los cambios o posibles eventualidades del tráfico. Este factor ICU no es un valor que pueda medirse en campo con un cronómetro, sin embargo ofrece una buena apreciación sobre las situaciones que pueden esperarse en la intersección.

A continuación se presenta la Tabla 18-5 para la determinación del Nivel de Servicio LOS (ICU).

TABLA 18-5
Valores LOS (ICU) establecidos para el Modo
del Automóvil en la Intersección
Semaforizada

(%) ICU	Nivel de Servicio
>0 a 60	A
>60 a 70	B
>70 a 80	C
>80 a 90	D
>90 a 100	E
>100 a 110	F
>110 a 120	G
> 120	H

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵.

Relación volumen a la capacidad

En general, una proporción mayor de volumen a la capacidad superior a 1,0 que es una indicación de detrimento real o potencial. En tal caso, se recomienda un análisis de múltiples períodos para esta condición. Este análisis abarca todos los períodos consecutivos en los que una cola residual está presente.

La relación crítica de volumen a capacidad en una intersección, es útil en la evaluación desde una perspectiva de la capacidad solamente. Es posible tener una intersección crítica cuya relación de volumen a capacidad es menor de 1,0 si situación se produce, entonces el tiempo de ciclo generalmente no ha sido asignado apropiadamente entre las fases. La reasignación del tiempo de ciclo se debe considerar, en donde se da más tiempo a las fases que sirven

los grupos de canales con una relación de volumen a la capacidad superior a 1,0.

Una intersección cuya relación de volumen a la capacidad crítica sea superior a 1,0 indica que la frecuencia de la señal global y el diseño geométrico proporcionan una capacidad inadecuada para los flujos de demanda dado. Las mejoras que se podrían considerar son las siguientes:

- Cambios básicos en la geometría de la intersección (es decir, el cambio en el número o el uso de canales).
- Aumento de la longitud de ciclo de la señal que se determina que es demasiado corto, y
- Cambios en la secuencia de fase de la señal de sincronización.

Estos cambios siempre deben ser consultados antes de que se desarrollen las mejoras posibles.

El tipo de control totalmente accionado está destinado a asignar dinámicamente el tiempo de ciclo a los movimientos sobre la base de la demanda y, por lo tanto, mantener el funcionamiento eficiente sobre una base ciclo por ciclo. La relación crítica de volumen a la capacidad en una intersección de puede proporcionar una indicación de esta eficiencia. En general, esta relación variará entre 0,85 y 0,95 para intersecciones accionados, valores más bajos en este rango es común para intersecciones que tiene múltiples directores en el medio de canales de tráfico. Una proporción menor de 0.85 puede ser una indicación de la excesiva extensión de verde por las llegadas aleatorias, y el analista puede considerar la reducción de tiempo de paso a verde mínimo, o ambos. Una relación que es más de 0.95 puede ser indicaciones de terminación de fase muy rápida donde

la capacidad está limitada y el controlador debe reasignar el tiempo de ciclo de forma dinámica en función de la demanda detectada. El aumento de verde máximo puede mejorar la operación en algunos casos; sin embargo, también puede degradar la operación cuando las tasas de flujo de la fase varían ampliamente (debido a la extensión verde se basa en un volumen total servido por la fase, no por la tasa de flujo del canal).

Para controles semi actuados y control de coordenadas accionado, la relación crítica de volumen a la capacidad puede variar ampliamente debido a la naturaleza de algunas fases. La duración de estas fases no puede estar directamente relacionada con su demanda asociada; en cambio, puede ser dictado por temporización, coordinación o la demanda de las otras fases. Una relación crítica de volumen a la capacidad que excede 0.95 tiene la misma interpretación que ofreció previamente para el control totalmente accionado.

La relación crítica de volumen a la capacidad puede ser engañosa cuando se utiliza para evaluar la suficiencia global de la geometría de la intersección, como a menudo se requiere en las aplicaciones de planificación. El problema es que las tasas de flujo bajas, dictaron la necesidad del ciclo más corto posible para minimizar las demoras. Sin embargo, la ecuación de 18-17 indica que los procedimientos de longitud de ciclo más cortos desea una mayor proporción de volumen a la capacidad. Por lo tanto un valor relativamente grande de X , (siempre que sea de menos de 1,0) no es una cierta indicación de mal funcionamiento. Más bien, en significa que más atención debe prestarse a la adecuación

de la duración y el tamaño de la cola, especialmente para las fases críticas.

Relación de volumen a la capacidad y Combinaciones de demoras

En algunos casos, la demora es alta incluso cuando la relación de volumen a la capacidad es baja. En estas situaciones, ocurren por la mala progresión, una longitud de ciclo en particular larga o un plan de eliminación ineficiente es en general la causa. Cuando la intersección es parte de un sistema coordinado, la duración del ciclo se determina por consideraciones del sistema, y las alteraciones en las intersecciones individuales pueden no ser práctico.

Es posible que la demora se encuentra en niveles aceptables incluso cuando la relación de volumen a la capacidad es alta. Esta situación puede ocurrir cuando existe alguna combinación de las siguientes condiciones. La duración del ciclo es relativamente corta, el período de análisis es corto, la capacidad grupo canales es alta, y no hay cola inicial. Si se crea una cola residual en el escenario, entonces es necesaria la realización de un análisis de múltiples períodos de obtener una imagen real de la demora.

Cuando ambos niveles de demora y relación de volumen a la capacidad son inaceptables, la situación es crítica. En tales situaciones, la demora puede aumentar rápidamente con pequeños cambios en la demanda. La gama completa de los posibles cambios en el diseño geométrico y la señal se debe considerar en la búsqueda de mejoras.

En resumen, demora inaceptable puede existir cuando la capacidad es un problema, así como cuando la capacidad es

adecuada. Además, los niveles de demora aceptables no garantizan automáticamente que la capacidad es suficiente. Demora y capacidad son variables muy complejas que son influenciadas por una amplia gama de condiciones de tráfico, carreteras, y de señalización. La metodología aquí presente puede ser utilizado para estimar estas medidas de desempeño, identificar posibles problemas, y ayudar en el desarrollo de mejoras alternativas.

www.bdigital.ula.ve

2.3.7.3 Capítulo 19 Intersecciones de Dos Vías Controladas por PARE TWSC

Metodología para Modo Automóvil

Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE TWSC, requiere la atención de los conductores en los accesos de la calle de menor importancia, para que puedan parar antes de ingresar a la intersección así como también la de los conductores que giran a la izquierda desde la vía principal para que puedan ceder el paso al tráfico que se aproxima a la calle principal a través del giro a la derecha, pero no están obligados a parar en la ausencia de tráfico.

Las metodologías presentadas se basan en los datos de entrada requeridos para calcular la capacidad potencial de cada movimiento de menor importancia, que se ajusta en última instancia, en cada caso, para calcular una capacidad para cada movimiento. La capacidad se puede utilizar para estimar el control de demora por el movimiento, por acceso, y para la intersección como un todo. Longitudes de cola también se pueden estimar una vez que se determinan las capacidades de movimiento.

En las TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE, se requiere que los conductores sean controlados en los accesos con PARE para esperar una brecha en el flujo de la calle principal con el fin de ejecutar el cruce o las maniobras de giro. En presencia de una cola, en cada acceso se controla al conductor también para que pueda utilizar algún momento de pasar a la posición frente de la cola y se preparan para evaluar las deficiencias en el flujo principal de la calle. Por lo tanto, la capacidad de los accesos controlados se basa principalmente en tres factores:

- La distribución de las brechas en la corriente principal de tránsito de la calle,
- El juicio del conductor en la selección de brechas para ejecutar las maniobras deseadas,
- Los avances de seguimiento por cada conductor en una cola.

El modelo básico de capacidad asume que las brechas en los movimientos en conflicto se distribuyen al azar. Cuando las señales de tráfico en la calle principal están a 0,25 millas de la intersección, los flujos no pueden ser al azar, pero probablemente tendrán alguna estructura de pelotón.

Para el análisis del modo automóvil, la metodología aborda una serie de circunstancias especiales que puedan existir en las intersecciones TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE, incluyendo los siguientes:

- Dos etapas brecha aceptable,
- Accesos con canales compartidos,
- La presencia de las señales de tráfico aguas arriba, y
- Embotellamiento en la calle secundaria por los vehículos que dan vuelta a la derecha.

- Fundamento Teórico

Los modelos de brechas aceptables comienzan con el reconocimiento de que las TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE no dan indicaciones positivas o control al conductor en la calle de menor importancia en cuanto a cuándo es conveniente dejar la línea de parada y entrar en la calle principal. El conductor debe determinar cuándo una brecha en la calle principal es lo suficientemente grande para permitir la entrada y el momento de entrar, sobre la base de la prioridad relativa de los movimientos de la competencia. Este proceso de

toma de decisiones se ha formalizado analíticamente en lo que comúnmente se conoce como teoría de la brecha de aceptación. Dicha teoría incluye tres elementos básicos: el tamaño y la disponibilidad de brechas de la calle principal de utilidad a los conductores de la calle secundaria, y la prioridad relativa de los diversos movimientos en la intersección.

Disponibilidad de Brechas

El primer elemento a considerar es la proporción de los espacios de un tamaño concreto en la calle principal que ofrece al conductor que entra desde la calle secundaria, así como el patrón de tiempos de llegada de los vehículos. La distribución de las brechas entre los vehículos en las diferentes corrientes tiene un efecto importante en el rendimiento de la intersección.

Utilidad de las Brechas

El segundo elemento a considerar es el grado en que los conductores encuentran las brechas de un tamaño particularmente útil cuando intentan entrar en la intersección. En general; se supone la teoría de que, la brecha de aceptación de los conductores son a la vez coherente y homogénea. Esta suposición no es del todo correcta. Los estudios han demostrado que los diferentes conductores tienen diferentes umbrales de brecha de aceptación e incluso que el umbral brecha aceptación de un conductor a menudo cambia con el tiempo. En el manual, los intervalos entre críticos y avance de seguimiento, se consideran representativas de un promedio estadístico de la población de conductores en los Estados Unidos.

Prioridad relativa de los diversos movimientos en la intersección

Cada movimiento tiene una clasificación diferente en una jerarquía de prioridades. El proceso de separación y aceptación las evalúa con los términos de impedancia a través de la orden de las salidas. Por lo general, los procesos de separación y aceptación que asumen los conductores en la calle principal no se ven afectados por los movimientos de la calle de menor importancia. Si esta suposición no es el caso, el proceso de brecha de aceptación tiene que ser modificado.

En el uso de la metodología intersección TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE, la prioridad del derecho de vía dado a cada movimiento debe ser identificado. Algunos movimientos de prioridad absoluta, mientras que otros tienen que dar paso o ceder el paso a los movimientos de orden superior. En la Figura 19-3 muestra la numeración asumida de movimientos, tanto para intersecciones de tres accesos en T – como las intersecciones de cuatro accesos en +.

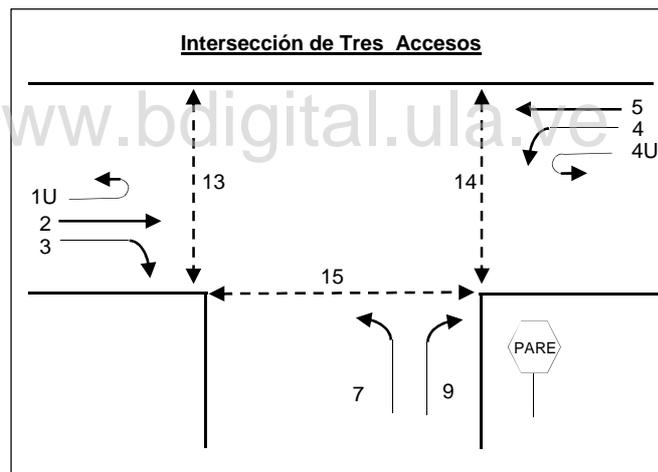
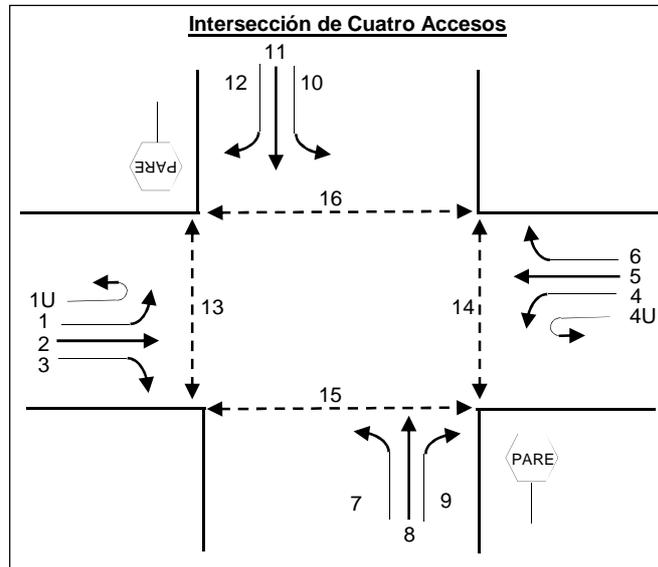


Figura 19-3 Movimientos de Vehículos y Peatones en Intersecciones TWSC

Los movimientos pueden ser categorizados por la prioridad del derecho de vía de la siguiente manera:

- Los movimientos de Rango 1 incluyen a través del tráfico de la calle principal, giro a la derecha del tráfico de la calle principal, y los movimientos de peatones cruzar la calle menor.

- Los movimientos de Rango 2 (subordinado a Rango 1) incluyen giros a la izquierda y giros en U del tráfico de la calle principal, giro a la derecha del tráfico en la calle principal, y cruce de peatones a la calle principal (asumido para este procedimiento)
- Movimientos de Rango 3 (subordinado al Rango 1 y 2) incluyen través de tráfico en la calle menor (en el caso de una intersección de cuatro accesos) y giro a la izquierda del tráfico de la calle menor (en el caso de una intersección en T).
- Movimientos de Rango 4 (subordinado a todas las demás) incluyen giro a la izquierda del tráfico de la calle menor. Los movimientos Rango 4 se producen sólo en las intersecciones de cuatro accesos en +.

Avance crítico y Avance de Seguimiento

El avance crítico T_c se define como el intervalo de tiempo mínimo en la corriente de tráfico de la calle principal permite la entrada a la intersección para un vehículo de la calle de menor importancia. Por lo tanto, el avance crítico del conductor es un intervalo mínimo que sea aceptable. Un controlador particular rechazaría avances menos que el avance crítico y aceptaría avances mayores o iguales al avance crítico. El avance crítico puede ser estimado sobre la base de las observaciones de la brecha más grande y más pequeña. El tiempo entre la salida de un vehículo de la calle secundaria y la salida del el siguiente vehículo utilizando el mismo avance en la calle, bajo una condición de puesta en cola continua de la calle menor, se llama el avance de seguimiento T_f . Por lo tanto, T_f es el avance que define evaluar el flujo de saturación del acceso si no había vehículos en conflicto sobre los movimientos de mayor rango.

- Modo Automóvil

La metodología TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE, para el modo de automóvil se aplica a través de una serie de pasos que requieren datos de entrada relacionados con la información de flujo de movimiento, las condiciones geométricas, la priorización de los movimientos, el cálculo de las capacidades y la incorporación de ajustes posibles para calcular las capacidades de movimiento, y la estimación de demoras de control y longitudes de cola. Estos pasos se ilustran en la Figura 19-4

www.bdigital.ula.ve

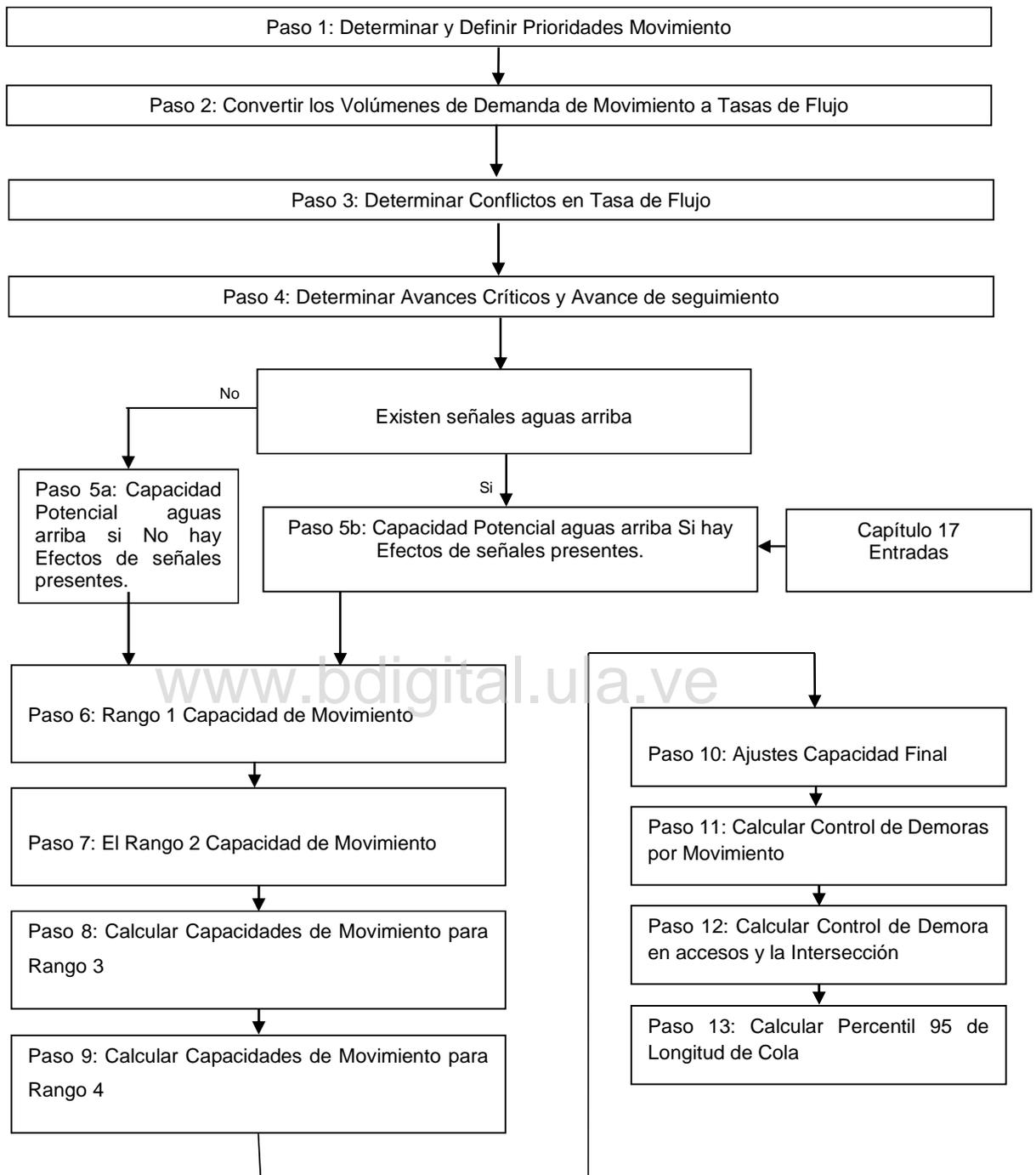


Figura 19.4 Metodología de Cálculo para el Modo Automóvil

- Paso 1: Determinar y Definir Prioridades Movimiento

La prioridad para cada movimiento en TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE debe identificarse para designar el rango apropiado de cada movimiento para los pasos futuros en el proceso de análisis. El proceso de este paso también identifica para el analista la secuencia en la que se completarán los cálculos de capacidad. Debido a que la metodología se basa en el uso de prioridades de brechas por los vehículos en una intersección TWSC, es importante que los cálculos posteriores en el modo de automóvil se hagan en un orden preciso. La secuencia de cálculo es el mismo que la prioridad de uso brecha, y los movimientos se consideran en el orden siguiente:

- a. Giros a la izquierda de la calle principal,
- b. Gira a la derecha de la calle secundaria,
- c. Los cambios de sentido de la calle principal,
- d. Movimientos a través de la calle secundaria, y
- e. Giros a la izquierda de la calle secundaria.

- Paso 2: Convertir los Volúmenes de Demanda de Movimiento a Tasas de Flujo

Para el análisis de las condiciones existentes en el periodo pico de 15 minutos se puede medir en el campo, los volúmenes para dicho periodo pico.

- Paso 3: Determinar Conflictos en Tasa de Flujo

Cada movimiento en TWSC Intersecciones de Dos Vías Controlado PARE enfrenta a un conjunto diferente de los conflictos que están directamente relacionados con la naturaleza del movimiento. Los siguientes subsecciones proporcionan una ilustración de la serie de conflictos que enfrentan cada movimiento menor (Rango 2 a través de

Rango 4) en una intersección TWSC. Estas exposiciones ilustran el cálculo del parámetro $v_{c,x}$, la tasa de flujo en conflicto para el movimiento x , es decir, la tasa total de flujo (en vehículos por hora (veh/h)) que entra en conflicto con el movimiento x .

Peatones también puede entrar en conflicto con los movimientos vehiculares. Tasas de flujo de peatones, también definen como v_x , con x señalando el acceso de la intersección donde comienzan cruzado deben incluirse como parte de los volúmenes en conflicto. Flujos de peatones se incluyen porque definen el comienzo o el final de una brecha que puede ser utilizado por un movimiento de menor importancia de la calle. Aunque reconoce algunas peculiaridades asociadas con movimientos peatonales, este método tiene un enfoque homogéneo de los movimientos de vehículos y peatones.

Movimiento de giro a la izquierda a la calle principal (Rango 2 – Movimientos de 1 y 4)

La Figura 19-5 ilustra los movimientos en conflicto, mientras que con las ecuaciones 19-2 y 19-3 se calcula el flujo en conflicto encontrado por los conductores que giran a la izquierda en la calle principal. El movimiento de giro a la izquierda de la calle principal está en conflicto total con el movimiento de oposición y el flujo de giro a la derecha, porque esos vehículos deben cruzar el movimiento de oposición y fusionarse con los vehículos que están girando a la derecha. El método no distingue entre cruce y los conflictos que se fusionan. Los vehículos que giran a la izquierda desde la calle principal y el derecho de oposición se convierten desde que consideran fusionarse desde la calle principal,

independientemente del número de canales previstos en la calle de salida. Si el volumen de la calle principal gira que a la derecha está separado por una isla triangular y tiene que cumplir con un PARE, los términos v_6 y v_3 en la Ecuación 19-2 y 19-3, respectivamente, se puede suponer que es cero.

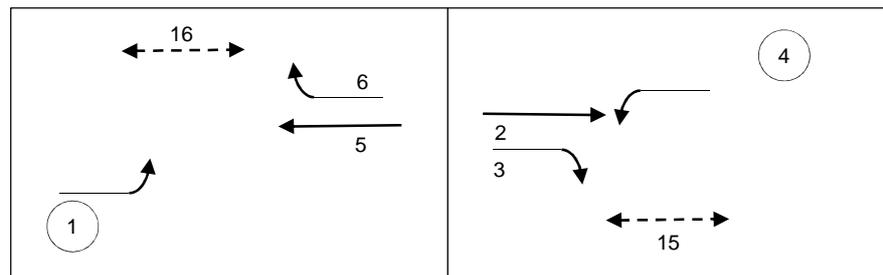


Figura 19-5 Definición de movimientos de conflictos para la calle principal con los movimientos de giro a la izquierda

www.bdigital.ula.ve

Ecuación 19-2

$$v_{c,1} = v_5 + v_6 + v_{16}$$

Ecuación 19-3

$$v_{c,4} = v_2 + v_3 + v_{15}$$

Movimientos de giro a la derecha de la calle secundaria
(Rango 2 - Movimientos de 9 y 12)

La Figura 19-6 ilustra los movimientos contradictorios encontrados por conductores que giran a la derecha por la calle secundaria. El movimiento de giro a la derecha de la calle secundaria se supone que está en conflicto con sólo una parte de la calle principal a través del movimiento, donde más de un canal de la calle principal está presente. Además, la mitad de cada movimiento de giro a la derecha de la calle principal se considera en conflicto con el movimiento de giro

a la derecha de la calle secundaria. Debido a los vehículos que giran a la derecha desde la calle secundaria comúnmente se funden en lagunas en el canal de la derecha de la corriente a la que se dirigen, por lo general no requieren de una brecha a través de todos los canales de la corriente en conflicto (esta situación puede no ser cierta para algunos camiones y furgonetas con distancias entre ejes larga que invaden más de un canal en la toma de su turno). Además, un vacío en el tráfico global importante de la calle podría ser utilizado simultáneamente por otro vehículo, tal como un vehículo que gire a la izquierda de la calle principal.

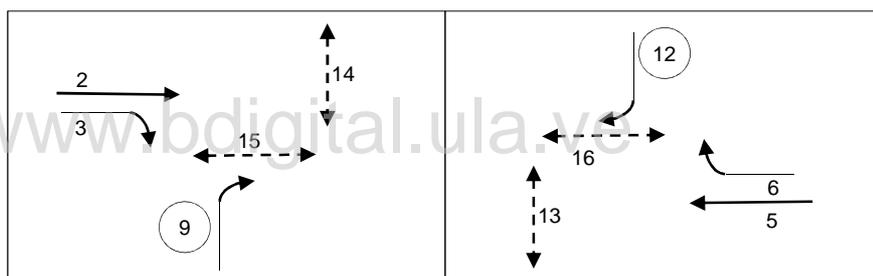


Figura 19-6 Definición de movimientos contradictorios encontrados por conductores que giran a la derecha por la calle secundaria

Ecuación 19-4 y 19-5 calcula la tasa en conflicto movimientos de giro de la calle secundaria, la ecuación 19-6 y 19-7 se utilizan para cuatro canales, y la ecuación 19-8 y 19-9 se utilizan para seis canales en la calle principal. Si el giro a la derecha de la calle principal tiene su propio canal, el correspondiente plazo v_3 o v_6 en estas ecuaciones puede ser asumido a ser cero. Los usuarios pueden suministrar

diferentes distribuciones de canales para los términos v_2 y v_5 en las ecuaciones para cuatro y seis canales en la calle principal, cuando sea compatible con los datos de campo.

Calle principal – Dos Canales:

Ecuación 19-4 $v_{c,9} = v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

Ecuación 19-5 $v_{c,12} = v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$

Calle principal – Cuatro Canales:

Ecuación 19-6 $v_{c,9} = 0.5v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

Ecuación 19-7 $v_{c,12} = 0.5v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$

Calle principal – Seis Canales:

Ecuación 19-8 $v_{c,9} = 0.5v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$

Ecuación 19-9 $v_{c,12} = 0.5v_5 + 0.5v_6 + v_{13} + v_{16}$

www.bdigital.ula.ve

Movimientos de Giro en U en la calle principal (Rango 2 - Movimientos 1U y 4U)

El Anexo 19-7 ilustra los movimientos contradictorios encontrados por los conductores en la calle principal. Se muestran las ecuaciones 19-10, 19-11, 19-12 y 19-13, para determinar los conflictos de movimientos.

Movimientos de peatones en la calle secundaria (Rango 2 - Movimientos 13 y 14)

Los peatones que cruzan la calle, están en conflicto directo con todos los movimientos vehiculares en la calle principal a excepción del derecho de giro y movimientos giro a la izquierda en la calle principal. El volumen peatonal de la calle es un parámetro de entrada en el cálculo de los volúmenes

en conflicto para todos los movimientos de Rango 3 y Rango 4.

Movimientos a través de la calle secundaria (Rango 3 - Movimientos 8 y 11)

Los movimientos en la calle secundaria tienen un conflicto con todos los movimientos en la calle principal, excepto el acceso hacia la derecha. Los movimientos de la calle secundaria pueden completar su maniobra en una o dos etapas. Etapa simple donde la brecha de aceptación no tiene área de refugio y el escenario con una brecha de aceptación en dos etapas que supone que un área de refugio disponible para los conductores de la calle secundaria. En la etapa 1, los conductores de la calle secundaria evalúan las principales brechas en el flujo de tráfico del lado cercano (tránsito en conflicto desde la izquierda); durante la Etapa II, los conductores de la calle secundaria evalúan las principales brechas del tránsito en conflicto desde la derecha.

La Figura 19-8 ilustra los movimientos en conflicto encontrados por la calle secundaria a través de controladores de movimiento.

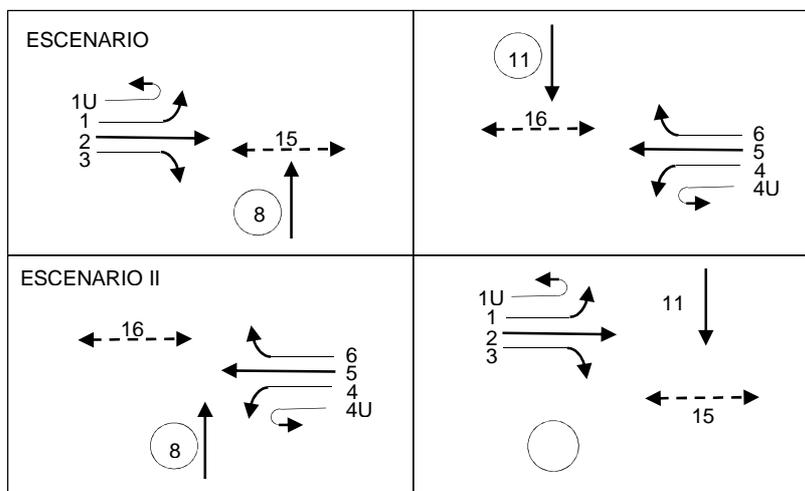


Figura 19-8 Definición de movimientos en conflicto encontrados por la calle secundaria a través de controladores de movimiento.

Con las ecuaciones 19-14 y 19-15 se puede calcular el flujo conflictivo encontrado por la calle secundaria a través del movimiento durante la fase I. si hay un canal de giro a la derecha en la calle principal, el término v_6 o v_3 correspondiente en estas ecuaciones se puede suponer que ser cero.

Ecuación 19-14

$$v_{c,1,8} = 2(v_1 + v_{4u}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

Ecuación 19-15

$$v_{c,1,11} = 2(v_4 + v_{4u}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

Con las ecuaciones 19-16 y 19-17 se puede calcular el flujo conflictivo encontrado por la calle secundaria a través de controladores de movimiento durante la Etapa II. Si la calle principal de la derecha a su vez está separada por una isla triangular y tiene que cumplir con una señal de CEDA o

PARE, el término v_3 o v_6 correspondiente en estas ecuaciones se puede suponer que es cero.

Ecuación 19-16

$$v_{c,II,8} = 2(v_4 + v_{4u}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

Ecuación 19-17

$$v_{c,II,11} = 2(v_1 + v_{4u}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

Movimientos de giro a la izquierda en la calle secundaria (Rango 4 Movimientos 7 y 10)

El movimiento de giro a la izquierda de la calle secundaria es la maniobra más difícil de ejecutar en una intersección TWSC, y se enfrenta a la más compleja serie de movimientos en conflicto, que incluyen todos los principales movimientos de la calle, además de la oposición giro a la derecha y a través de la tasa de flujo de movimiento se incluye como conflictiva debido a que ambos movimientos son controlados por PARE, lo que disminuye su efecto en giros a la izquierda. Los efectos de impedancia adicionales de la capacidad de oponerse a giro a la derecha y a través de movimiento tasas de flujo se tienen en cuenta en otra parte en el procedimiento. La Figura 19-9 ilustra los movimientos en conflicto que se encuentran los conductores que giran a la izquierda en la calle secundaria.

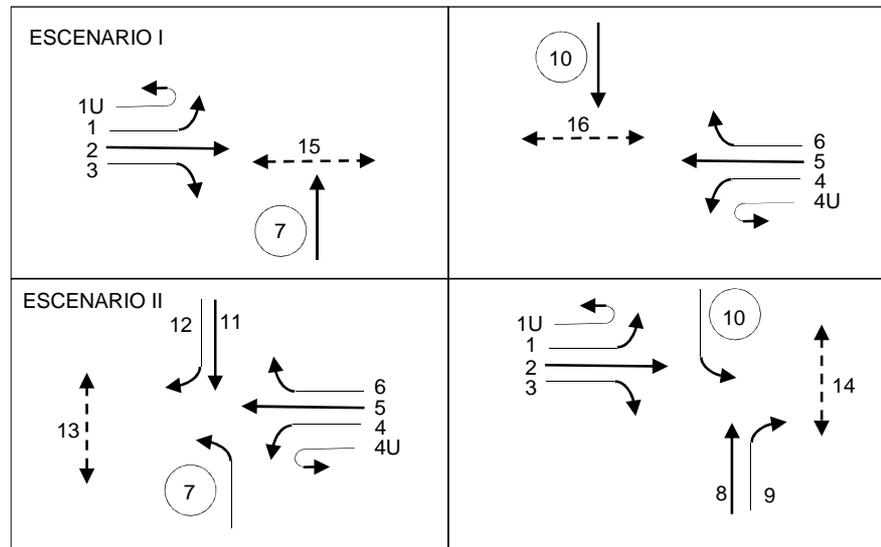


Figura 19-9 Definición de movimientos en conflicto que se encuentran los conductores que giran a la izquierda en la calle secundaria.

www.bdigital.ula.ve

Durante la fase I, la ecuación 19-18 y 19-19 calcula la tasa de flujo en conflicto por los menor movimientos de giro a la izquierda de la calle secundaria, que entran de dos canales de las calles principales, mientras que la ecuación 19-20 y 19-21 se utilizan para calles principales de cuatro canales, y la ecuación 19-22 y 19-23 se utilizan para calles principales de seis canales. Si existe un canal de giro a la derecha en la calle principal, el correspondiente v_3 o v_6 en estas ecuaciones se puede suponer que es cero.

Calle principal – Dos Canales:

$$\text{Ecuación 19-18} \quad v_{c,I,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

$$\text{Ecuación 19-19} \quad v_{c,I,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

Calle principal – Cuatro Canales:

$$\text{Ecuación 19-20} \quad v_{c,I,7} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

$$\text{Ecuación 19-21} \quad v_{c,I,10} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

Calle principal – Seis Canales:

$$\text{Ecuación 19-22} \quad v_{c,I,7} = 2(v_1 + v_{1U}) + v_2 + 0.5v_3 + v_{15}$$

$$\text{Ecuación 19-23} \quad v_{c,I,10} = 2(v_4 + v_{4U}) + v_5 + 0.5v_6 + v_{16}$$

Durante la fase II, la ecuación 19-24 y 19-25 calculan la tasa de flujo en conflicto para movimientos de giro a la izquierda en la calle secundaria que entran de dos canales de las calles principales, mientras que la ecuación 19-26 y 19-27 se utilizan para calles principales de cuatro canales, y la ecuación 19-28 y 19-29 se utilizan para calles principales de seis canales. Si la calle secundaria puede girar a la derecha y es separada por la isla triangular y tiene que cumplir con una señal de CEDA o PARE, el término v_9 o v_{12} correspondiente en estas ecuaciones se puede suponer que es cero.

Calle principal – Dos Canales:

Ecuación 19-24

$$v_{c,II,7} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6 + 0.5v_{12} + 0.5v_{11} + v_{13}$$

Ecuación 19-25

$$v_{c,II,10} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3 + 0.5v_9 + 0.5v_8 + v_{14}$$

Calle principal – Cuatro Canales:

Ecuación 19

$$v_{c,II,7} = 2(v_4 + v_{4U}) + 0.5v_5 + 0.5v_{11} + v_{13}$$

Ecuación 19-27

$$v_{c,II,10} = 2(v_1 + v_{1U}) + 0.5v_2 + 0.5v_8 + v_{14}$$

Calle principal – Seis Canales:

Ecuación 19-28

$$v_{c,II,7} = 2(v_4 + v_{4U}) + 0.4v_5 + 0.5v_{11} + v_{13}$$

Ecuación 19-29

$$v_{c,II,10} = 2(v_1 + v_{1U}) + 0.4v_2 + 0.5v_8 + v_{14}$$

- Paso 4: Determinar Avances Críticos y Avance de seguimiento

Los avances críticos $t_{c,x}$ y de seguimiento t_f , x deben determinarse para los giros a la izquierda de las calles principales ($v_{c,1}$ y $v_{c,4}$), el giro de la calle secundaria ($v_{c,9}$ y $v_{c,12}$), los giros en U ($v_{c,1u}$ y $v_{c,4u}$), la calle secundaria a través de movimientos ($v_{c,8}$ y $v_{c,11}$) y los giros a la izquierda de la calle secundaria ($v_{c,7}$ y $v_{c,10}$) a medida que ocurren en una intersección TWSC. Para calcular los intervalos entre críticos para cada movimiento, el analista comienza con las Tablas 19-10 o 19-11 y realiza ajustes específicos de movimiento en relación con el porcentaje de vehículos pesados del pendiente, luego se aplican la Ecuación 19-30 o 19-31 según sea el caso.

Ecuación 19-30

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT}$$

Donde

$t_{c,x}$ = Avance critico por movimiento x (s)

$t_{c,base}$ = Avance crítico base (Tabla 19-10) (s)

$t_{c,HV}$ = Factor de ajuste por vehículos pesado (1 para calle principal con un canal en cada dirección; 2 para calle principal con dos o tres canales en cada dirección) (s)

$t_{c,G}$ = Factor de ajuste por pendiente (0.1 para movimientos 9 y 12; 0.2 para movimientos 7,8,10 y 11) (s)

P_{HV} = Proporción de vehículos pesado por movimiento (expresado en decimal 0.02 para 2%) (s)

G = Porcentaje de pendiente (expresado en enteros, $G=-2$ para un 2% en descenso.

$T_{3,LT}$ = Factor de ajuste por la geometría de la intersección (0.7 para calle secundaria con movimientos de giro a la izquierda en intersección en T y 0.0 para las demás)

TABLA 19-10
Avance Crítico Base para Intersecciones TWSC

Movimiento de vehículos	Avance Crítico Base $t_{c,base}$ (s)		
	Dos canales	Cuatro canales	Seis Canales
Giro a la izq. desde calle principal	4.1	4.1	5.3
Giro en U desde calle principal	N/A	6.4 (ancho) 6.9 (angosto)	5.6
Giro a la der. desde calle secundaria	6.2	6.9	7.1
Trafico sobre calle secundaria	1-escenario:6.5 2-escenario, escenario I:5.5 2-escenario, escenario II:5.5	1-escenario:6.5 2-escenario, escenario I:5.5 2-escenario, escenario II:5.5	1-escenario:6.5* 2-escenario, escenario I:5.5* 2-escenario, escenario II:5.5*
Giro a la izq. desde calle secundaria	1-escenario:7.1 2-escenario, escenario I:6.1 2-escenario, escenario II:6.1	1-escenario:7.5 2-escenario, escenario I:6.5 2-escenario, escenario II:6.5	1-escenario:6.4 2-escenario, escenario I:7.3 2-escenario, escenario II:6.7

*usar con precaución; valores estimados

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 19 p 19-15.

Ecuación 19-31

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV}$$

Donde

$t_{f,x}$ = Avance por seguimiento por movimiento x (s)

$t_{f,base}$ = Avance por seguimiento base (Tabla 19-11) (s)

$t_{f,HV}$ = Factor de ajuste por vehículos pesado (0.9 para calle principal con un canal en cada dirección; 1 para calle principal con dos o tres canales en cada dirección) (s)

P_{HV} = Proporción de vehículos pesado por movimiento (expresado en decimal 0.02 para 2%) (s)

Tabla 19-11
Avance Crítico de seguimiento Base para Intersecciones TWSC

Movimiento de vehículos	Avance Crítico Base $t_{c,base}$ (s)		
	Dos canales	Cuatro canales	Seis Canales
Giro a la izq. desde calle principal	2.2	2.2	3.1
Giro en U desde calle principal	N/A	2.5 (ancho) 3.1 (angosto)	2.3
Giro a la der. desde calle secundaria	3.3	3.3	3.9
Tráfico sobre calle secundaria	4.0	4.0	4.0
Giro a la izq. desde calle secundaria	3.5	3.5	3.8

*usar con precaución; valores estimados

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 19 p 19-16

- Paso 5: Calcular las Capacidades Potenciales

Paso 5a: Capacidad Potencial aguas arriba si No hay Efectos de señales presentes.

El potencial capacidad, de un movimiento se calcula de acuerdo con el modelo de la brecha de aceptación prevista en la ecuación 19-32. Este modelo requiere que el analista conozca $v_{c,x}$, la t_c , y $t_{f,x}$, para el movimiento de x.

Ecuación 19-32

$$C_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x}t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,x}t_{c,x}/3600}}$$

Donde

$C_{p,x}$ = Capacidad potencial por movimiento x (veh/h)

$v_{c,x}$ = Tasa de flujo por conflicto por movimiento x (veh/h)

$t_{f,x}$ = Avance por seguimiento para el menor movimiento x (s)

$t_{c,x}$ = Avance crítico para el menor movimiento x (s)

Paso 5B: Capacidad Potencial aguas arriba Si hay Efectos de señales presentes.

Para evaluar el impacto de las señales, la metodología se utiliza para estimar la proporción de tiempo que cada rango 2 o menor movimiento que será bloqueado por el pelotón. La proporción de tiempo de bloqueo se denota por $P_{b,x}$, donde x es el movimiento usando las convenciones de circulación previstas en la Figura 19-3. A continuación se muestran en la Tabla 19-12 la proporción de bloqueo para cada movimiento en el periodo de análisis

TABLA 19-12
Proporción de Bloqueo para cada Movimiento en el Periodo de Análisis

Movimiento(s) x	Proporción de Bloqueo por Movimientos $P_{b,x}$		
	1 Escenario	2 Escenario Escenario I	Movimiento Escenario II
1, 1U	$P_{b,1}$	N/A	N/A
4, 1U	$P_{b,2}$	N/A	N/A
7	$P_{b,3}$	$P_{b,4}$	$P_{b,1}$
8	$P_{b,4}$	$P_{b,4}$	$P_{b,1}$
9	$P_{b,5}$	N/A	N/A
10	$P_{b,6}$	$P_{b,1}$	$P_{b,4}$
11	$P_{b,7}$	$P_{b,1}$	$P_{b,4}$
12	$P_{b,8}$	N/A	N/A

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, Cap. 19 p 19-17

Este flujo se convierte en el flujo de conflicto para el movimiento y se utiliza para calcular la capacidad del mismo. El mínimo valor de V_{cmin} es un 1,000N aproximadamente, donde N es el número de canales por sentido en la calle principal. Esta ecuación sólo utiliza el flujo en conflicto durante el período desbloqueado.

Ecuación 19-33

$$v_{c,u,x} = \begin{cases} \frac{v_{c,x} - 1.5v_{c,min}P_{b,x}}{1 - P_{b,x}} & \text{si } v_{c,x} \\ 0 & \text{En otras condiciones} \\ & > 1.5v_{c,min}P_{b,x} \end{cases}$$

Donde

$v_{c,u,x}$ = Capacidad potencial por movimiento x (veh/h)

$v_{c,x}$ = Tasa de flujo por conflicto por movimiento x (veh/h)

$v_{c,min}$ = Mínima tasa de flujo (veh/h) asumir 1,000N donde N es el número de canales adyacentes en la dirección de la calle principal

$P_{b,x}$ = Porcentaje de tiempo sujeto al movimiento x bloqueado por la calle principal determinado por la tabla 19-12.

- Pasos 6-9: Calcular Capacidades de Movimiento

Para mayor claridad, en estos pasos se supone que los efectos de impedancia peatonal se pueden despreciar, y en muchos casos esto es una suposición razonable. Sin embargo, los peatones pueden ser explicados en el análisis del modo de automóviles mediante la sustitución de estos pasos con los previstos en el Capítulo Suplementario 32, que incorpora los efectos de impedancia peatonal.

- Paso 6: Rango 1 Capacidad de Movimiento

Movimientos de las calles principales se supone que son impedidos por cualquier movimiento de menor rango. Este rango también implica que no se esperan grandes movimientos de la calle de Rango 1 a incurrir en demoras o

desaceleración a medida que viajan a través de la intersección TWSC. Las observaciones empíricas han demostrado que estos retrasos ocurren ocasionalmente, y se contabilizan en ajustes previstos más adelante en este procedimiento.

- Paso 7: El Rango 2 Capacidad de Movimiento

Los movimientos de Rango 2 (giros y cambios de sentido que quedan de la calle principal y giros a la derecha de la calle secundaria) deben ceder a conflictiva calle principal a través y derecho de giro de movimientos vehiculares de Rango 1. Giro a la derecha de la calle secundaria, se supone que deben ceder a los giros en U de la calle principal, aunque a veces ocurre lo contrario.

- Paso 8: Calcular Capacidades de Movimiento para Rango 3

Rango 3 movimientos de tráfico de la calle secundarias, deben ceder el paso a los movimientos de conflicto de Rango 1 y Rango 2. No todas las brechas de longitud aceptable que pasan por la intersección normalmente estarán disponible para su uso por los movimientos del Rango 3, ya que algunas de estas brechas son susceptibles de ser utilizados por movimientos del Rango 2.

- Paso 9: Calcular Capacidades de Movimiento para Rango 4

Rango 4 movimientos de tráfico que se producen sólo en intersecciones de cuatro accesos, y pueden ser impedidos por todos los movimientos del rango más alto.

Paso 9a: Rango 4 Capacidad para los movimientos de una etapa

Paso 9b: Rango 4 Capacidad para dos etapas
Movimientos

- Paso 10: Ajustes Capacidad Final

Paso 10a: Capacidad de canales combinados en acceso de la calle secundaria

Cuando varios movimientos comparten el mismo canal y no pueden dejar de lado a lado en la línea de parada, la Ecuación 19-59 se utiliza para calcular la capacidad de canales compartidos:

Ecuación 19-59

$$C_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{C_{m,y}}\right)}$$

Donde

C_{SH} = Capacidad del canal compartido (veh/h)

v_y = Tasa de flujo de movimiento "y" en el canal compartido (veh/h)

$C_{m,y}$ = Capacidad de movimiento "y" con respecto al canal compartido (veh/h)

Paso 10b: Calcular efecto de embotellamiento en la calle secundaria

Para estimar la capacidad de un canal de giro a la derecha, la longitud media de la cola para cada movimiento compartiendo el canal de la derecha en el acceso de la calle secundaria primero se debe calcular con la ecuación 19-60. Este cálculo supone que el movimiento de giro a la derecha opera en un canal y que el resto del tráfico en el canal de la derecha opera en otro, canal separado.

Ecuación 19-60

$$Q_{sep} = \frac{d_{sep} v_{sep}}{3600}$$

Donde

Q_{sep} = Cola promedio por movimiento considerado como un canal separado (veh)

v_{sep} = Tasa de flujo de movimiento (veh/h)

d_{sep} = Control de demora por movimiento considerado como un canal separado

- Paso 11: Calcular Control de Demoras por Movimiento

El retraso experimentado por el usuario se compone de una serie de factores que se relacionan con el tipo de control, geometría de la vía, el tráfico y los incidentes. En la metodología de intersección TWSC, sólo determina la porción de demora atribuido al aspecto de control de parada de la intersección, denominado demora de control. Incluye demora debido a la desaceleración de una parada en la parte posterior de la cola de la velocidad de flujo libre, el tiempo dentro de la cola, retraso en la parte delantera de la cola, y el retraso debido a la aceleración de nuevo a la velocidad de flujo libre.

Con respecto a las mediciones de campo, control de demora se define como el tiempo total que transcurre desde que un vehículo se detiene al final de la cola a la vez que el vehículo se aleja de la línea de parada.

Paso 11a: Calcular Control de Demora de los Movimientos de Rango 2 hasta Rango 4.

El Control de Demora para cualquier movimiento de menor importancia es una función de la capacidad del acceso y el grado de saturación. El modelo analítico utilizado para estimación Ecuación 19-64, asume que la demanda es inferior a la capacidad durante el periodo de análisis. Si el grado de saturación es mayor que aproximadamente 0,9, el

Control de Demora promedio se ve afectada significativamente por la longitud del período de análisis. En la mayoría de los casos, el período de análisis recomendada es de 15 minutos. Si la demanda supera la capacidad durante un período de 15 minutos, los resultados de demora calculados por el procedimiento pueden no ser exactos. En este caso, el período de análisis debe ser alargado para incluir el período de sobresaturación.

Ecuación 19-64

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5$$

www.bdigital.ula.ve

Donde

d = Control de demora (s/veh)

v_x = Tasa de flujo por movimiento x (veh/h)

$c_{m,x}$ = Capacidad por movimiento x (veh/h)

T = Periodo de tiempo del análisis (0.25h o 15 periodo de 15 min) (h)

Paso 11b: Calcular Control de Demora para el Movimiento de Rango 1

El efecto de un canal compartido en el acceso de la calle principal donde los vehículos giran a la izquierda puede bloquear el Rango 1 a vehículos girando a la derecha. Si no se proporciona exclusivo el giro a la izquierda en la calle principal, un vehículo que gire a la izquierda retardada y puede bloquear del Rango 1 a los vehículos detrás de él.

Esto retrasará no sólo los vehículos de Rango 1 sino también los movimientos de menor rango. Mientras que las demoras de los vehículos del Rango 1 están descargando la cola formada detrás de un vehículo que gira a la izquierda e impiden los movimientos conflictivos de menor rango. Las observaciones de campo han demostrado que un efecto tan obstrucción suele ser muy pequeña, porque la calle principal por lo general proporciona suficiente espacio para el bloqueo y vehículos del Rango 1 pueden colarse o eludir los vehículos que giran. Como mínimo, la incorporación de este efecto requiere la estimación de la proporción de vehículos de Rango 1 que están bloqueados calculando el promedio de demora a la calle principal de los vehículos que están bloqueados.

En el procedimiento más simple, la proporción de Rango 1 de la calle principal no está bloqueado (es decir, en un estado de cola libre), $p_{0,j}$, en la ecuación 19-43. Por lo tanto, la proporción de vehículos del Rango 1 bloqueados es $1-p_{0,j}$. La demora media de los vehículos del Rango 1 se calcula con la ecuación 19-65.

Ecuación 19-65

$$d_{Rango\ 1} = \begin{cases} \frac{(1 - P_{0,j})d_{M,LT} \left(\frac{v_{i,1}}{N}\right)}{v_{i,1} + v_{i,2}} & N > 1 \\ (1 - P_{0,j})d_{M,LT} & N = 1 \end{cases}$$

Donde

d_{Rango1} = Demora de vehículos (s/veh)

N =Número de canales por dirección en la calle principal de la Ecuación 19-43

$P_{o,j}$ = Proporción de vehículos del Rango 1 no bloqueados de la Ecuación 19-44

$D_{M,LT}$ = Mayor demora de los vehículos que giran a la izquierda, de la Ecuación 19-64 (s/veh)

$v_{i,1}$ = Vehículos de la corriente principal en el canal compartido (veh/h)

$v_{i,2}$ = Vehículos que giran en el canal compartido (veh/h)

- Paso 12: Calcular Control de Demora en accesos y la Intersección

El control de demoras para todos los vehículos en un acceso particular puede ser calculado como la media ponderada de las estimaciones de demora de control para cada movimiento en el acceso con la ecuación 19-66.

Ecuación 19-66

$$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$$

Donde

d_A = Control de demora por acceso (s/veh)

d_r, d_t, d_l = Control de demoras por movimientos de giro a la derecha, recto y a la izquierda (s/veh)

v_r, v_t, v_l = Volumen o tasa de flujo por movimientos de giro a la derecha, recto y a la izquierda (s/veh) en cada acceso respectivamente

De manera similar se puede calcular mediante la Ecuación 19-67

Ecuación 19-67

$$d_l = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$$

Donde

$d_{A,x}$ = Control de demora por acceso x (s/veh)

$v_{A,x}$ = Volumen o tasa de flujo por acceso x (veh/h)

Al aplicar la ecuación 19-66 y 19-67, la demora para todos los movimientos de Rango 1 se supone que es 0 s/veh. LOS no está definido para una intersección en general, ya los principales movimientos de la calle con 0 s de demora suelen dar lugar a un retraso promedio ponderado que es extremadamente bajo. Como tal, los cálculos totales de control de demora en la intersección se utilizan normalmente sólo entre los diferentes tipos de control de tráfico, tales como el control de PARE bidireccional versus control a todo camino STOP.

- Paso 13: Calcular Percentil 95 de Longitud de Cola

Longitud de la cola es una consideración importante en las intersecciones. Los estudios teóricos y observaciones empíricas han demostrado que la distribución de probabilidad de longitudes de cola para cualquier movimiento menor en una intersección no semaforizadas es una función de la capacidad de la circulación y el volumen de tráfico que se sirve durante el período de análisis. Ecuación 19-68 se puede utilizar para estimar la longitud de la cola percentil 95 para cualquier movimiento menor en una intersección no semaforizadas durante el período de pico 15 minutos sobre la base de estos dos parámetros.

Ecuación 19-68

$$Q_{95} = 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{150T}} \right] \left(\frac{c_{m,x}}{3600} \right)$$

Donde

Q_{95} = Percentil 95 en la Cola (veh)

v_x = Tasa de Flujo por movimiento x (veh/h)

$c_{m,x}$ = Capacidad del movimiento x (veh/h)

T = Periodo de tiempo del análisis (0.25h o 15 periodo de 15 min) (h)

La longitud media de la cola se calcula como el producto de la demora media por vehículo y la velocidad de flujo para el movimiento a los intereses. El demora total esperado (hora de vehículos por hora) es igual al número esperado de los vehículos en la cola de la media; es decir, la demora total por hora y la cola media son numéricamente idénticas.

2.3.8 Descripción de Medidas de Ingeniería de Bajo Costo

En el ámbito de Ingeniería Vial, describir Medidas de Bajo Costo se refiere a la búsqueda, estudio, selección e implementación de soluciones, factibles, económicas, seguras y confiables que permitan en un corto lapso de tiempo eliminar, mitigar o corregir problemas de diversa índole referentes a la trama vial y posiblemente también a su entorno, todo esto con la finalidad de contribuir con el desarrollo de ciudades con mejor calidad de vida adaptada a los principios de sostenibilidad. En el presente estudio las medidas de bajo costo estarán referidas a mejorar las condiciones de transitabilidad y movilidad de los usuarios de la Avenida Eleazar López Contreras, que se puedan realizar en su infraestructura existente o zonas adyacentes mediante la ejecución de obras de servicio, aplicando normativas vigentes que permitan mejorar la movilidad del tránsito y la disminución del nivel de congestión actual. Es importante señalar que no existe mucha información sobre este tipo de medidas y por ende de la relación costo beneficio, más aún es muy difícil conocer si realmente pueden ser consideradas como mejoras prácticas. Entonces se debe realizar un estudio que determine su factibilidad, debido a que generalmente no se suele evaluar las medidas de forma cuantitativa, a veces porque es muy difícil o incluso imposible llevar a cabo una buena evaluación científica. La selección de las medidas correctivas de bajo costo necesariamente deben basarse en una evaluación técnica integral de las condiciones que generan el problema y el dominio del conocimiento técnico apoyado en la experiencia laboral de un equipo de profesionales responsables que permita la aplicación de: estudios previos, métodos, técnicas y normativas vigentes que ofrezcan la posibilidad de realizar

cambios o adaptaciones a la infraestructura vial y que a su vez sean significativos y efectivos en las necesidades de la población. Tanto las normativas de diseño vial, como los manuales debidamente aprobados, ofrecen diversos procedimientos de diseño que pueden ser aplicadas para desarrollar soluciones de bajo costo, basados en una serie de parámetros que se deben conocer y los cuales se nombran a continuación:

1. Definir el tipo de vehículo que circula por la vía.

(De acuerdo a la Normas para el Proyecto de Carreteras. MTC (1997)¹¹. Capítulo VI Vehículos de Diseño)

Los tipos de vehículo considerados y sus características principales se muestran en la siguiente Tabla 2.3.8-1:

www.bdigital.ula.ve

**TABLA 2.3.8-1
CLASIFICACION DEL VEHICULOS SEGÚN EL TIPO**

Tipo	Símbolo	Característica principal	Uso frecuente	Tipos frecuentes
Vehículo liviano	P o VP	Bastidor rígido 4 ruedas y 2 ejes	Pasajeros Carga liviana	Sedán Camionetas o furgonetas
Camiones	SU o CO	Bastidor rígido, mínimo 6 ruedas y 2 ejes	Carga mediana a pesada, colectivos pequeños	Estacas, volteos, busetas
Semi-remolques	WB-12 o SR	Bastidor articulado	Carga pesada y extra pesada	Gandola
Semi-remolques	WB-15	Igual al WB-12, pero más largo	Carga pesada y extra pesada	
Semi-remolques	WB-18	Bastidor articulado más remolque	Carga pesada y extra pesada	
Bus	Bus	Bastidor rígido. Semejante al SU, pero mucho más largo	Pasajeros	Bus, Encaba, Micro Bus

Fuente: Normas para el Proyecto de Carreteras. MTC (1997)¹¹. Capítulo VI , p 1.

2. Definir los radios de giro mínimos para velocidades menores de 15 Km/h

(De acuerdo a la Normas para el Proyecto de Carreteras. MTC (1997)¹¹. Capítulo IV Vehículos de Diseño). Se muestran a continuación la Tabla 2.3.8-2.

**TABLA 2.3.8-2
RADIOS DE GIRO MINIMOS**

Símbolo	P	SU	WB-12	WB-15	WB-18	BUS
Radio Mínimo	7.30	12.80	12.20	13.70	13.70	12.80
Radio Mínimo Interno	4.20	8.50	5.70	5.80	6.80	7.40

Fuente: Normas para el Proyecto de Carreteras. MTC (1997)¹¹. Capítulo VI , p 2.

3. Definir en ancho de los canales
(De acuerdo a la Normas para el Proyecto de Carreteras. MTC (1997)¹¹. Capítulo XV Sección Transversal Típica)

La calzada es la zona de la vía destinada a la circulación de los vehículos. Generalmente, los canales se distribuyen simétricamente a ambos lados del eje de la vía, por sentido de circulación; sin embargo, pueden establecerse distribuciones asimétricas e incluso variables, según las necesidades del tránsito. El ancho de los canales de circulación está asociado al carácter de la vía, al volumen del tránsito y a su composición y se establece en base a valores múltiplos de 0,30 m, desde un máximo de 3,60 m. hasta un mínimo de 3,00 m. en tramos rectos.

(De acuerdo al Manual de Vialidad Urbana MINDUR (1981)¹², Tema 2, Especificaciones para Instalaciones y Servicios Viales, Calzada)

Los anchos normales del canal que se usarán para establecer dimensiones de la calzada serán:

- a. Para vías residenciales 3.00m o principales siempre y cuando se justifique su uso mediante un estudio de tráfico.
 - b. Para vías arteriales y colectoras de cualquier tipo y locales industriales y comerciales 3.30m
 - c. Para toda clase de vía expresa 3.60m
4. Especificaciones mínimas para intersecciones en zonas urbanas.

(De acuerdo al Manual de Vialidad Urbana MINDUR (1981)¹², Tema 2, Especificaciones para Instalaciones y Servicios Viales, Intersecciones)

- Los radios de giro en las intersecciones permitirán la operación de los vehículos en las condiciones más apropiadas.
- En intersecciones canalizadas el radio interno mínimo será de 15.00m.
- En intersecciones en “Y” y “T” canalizadas, los canales de giro a la derecha o a la izquierda, tendrán un ancho suficiente para el paso con vehículos accidentados.
- Enlace de dos vías arteriales y/o una arterial con una colectoras a nivel, puede resolverse mediante la colocación de semáforos, isletas guadoras o canales de refugio, donde:

El semáforo permite eliminar puntos de conflictos, mediante el desfase en el tiempo de una de las corrientes vehiculares.

Las isletas guadoras, permiten ordenar las direcciones de las corrientes de tránsito y están situadas dentro de las

calzadas en las intersecciones. Deben cumplir con ciertas dimensiones mínimas para que resulten funcionales; cuando el lado menor mida menos de 2.50m, se utilizara demarcación de acuerdo al Manual Venezolano de Dispositivos para Control de Tránsito (2009)¹⁴

- Los canales de refugio permiten hacer la maniobra de giro a la izquierda con más seguridad, o con la eliminación total del conflicto cuando paralelamente se incluye una fase del semáforo.
- Intersección de dos vías colectoras o de una local con una colectoras. Solo requiere el empleo de señalización simple con semáforo de 2 fases.

5. Canalización del Tránsito.

(De acuerdo a las especificaciones del Manual de Intersecciones a Nivel – Raúl Barboza, Universidad del Zulia)¹⁵

Se puede canalizar en tránsito en intersecciones a nivel, de manera sencilla mediante la utilización de la calzada como elemento de control para la ejecución del movimiento, realizando la adaptación de curvaturas o refugios en los laterales así como también mediante la demarcación de isletas o construcción de las mismas con brocales. Teniendo presente que la decisión de la canalización a utilizar depende del estudio de las condiciones del tránsito que brinden seguridad y confort.

6. Seguridad Vial.

La introducción de medidas de seguridad vial que sean eficaces y sostenibles, sólo pueden interactuar bajo el cumplimiento de las normativas vigentes por parte de las

instituciones públicas encargadas de tal fin, así como también la implementación de campañas de educación vial conjuntamente con la penalización por incumplimiento de las leyes y normas por parte de las autoridades competentes, en función de controlar la ejecución de las medidas de seguridad previstas, que van en pro de mejorar las condiciones de vida de los usuarios y habitantes de la zona. Dichas campañas de educación vial deben ser adaptadas y dirigidas a cada tipo de usuario incluyendo los peatones (niños, adolescentes, adultos, adultos mayores), los conductores de cada tipo de vehículos (particulares, transporte público, taxis, moto taxis, transportes privados etc.), y todas aquellas personas que realicen cualquier tipo de actividad extra en la zona (establecimientos públicos y privados). En términos de seguridad vial podemos encontrar, por parte del Estado las normativas y manuales referentes a la señalización, demarcación y utilización de dispositivos para el control del tránsito, así como también las normas y reglamentos de tránsito terrestre que deben ser acatadas y cumplidas por cada uno de los usuarios.

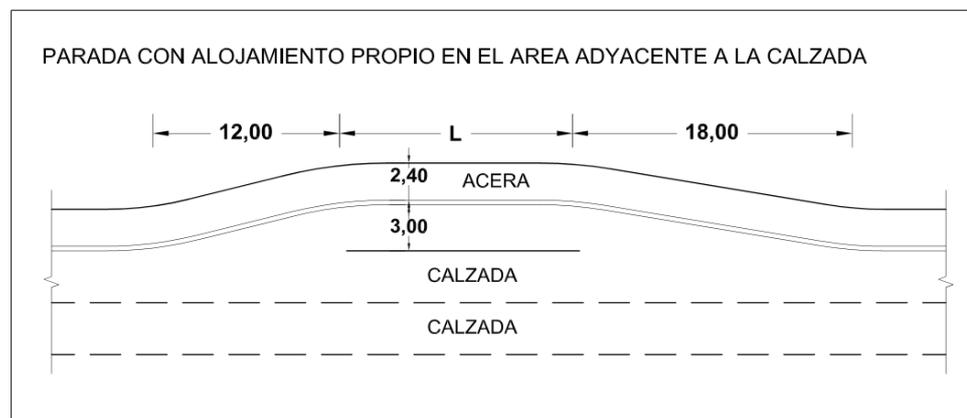
El Manual Venezolano de Dispositivos para Control de Tránsito (2009)¹⁴

que se encuentra vigente tiene el propósito de establecer reglas y fijar parámetros y normalizar el uso de dispositivos que permitan controlar el tráfico, unificando a nivel nacional criterios para el diseño, fabricación, colocación y utilización de los dispositivos propiamente dichos, así como de nuevas técnicas y materiales totalmente adaptados a las disposiciones mundiales para seguridad vial. Cuando el Manual se refiere a dispositivos de control, trata sobre todas

aquellas señales verticales, demarcaciones, semáforos, y todos aquellos aparatos, mecanismos u obras de arte que sean capaces de prevenir, informar, reglamentar y guiar a los usuarios de una vía, cuyo uso debe ser obligatorio en toda la vialidad del país pública o privada, y además debe ser incluida en los proyectos de vialidad bien sea de mantenimiento, obras de rehabilitación o nuevas, y es responsabilidad de los entes públicos encargados de la vialidad del país su correcta implantación, ya que el manual describe al mínimo detalle las características esenciales para el diseño en lo referente a colores, formas, dimensiones, composición, iluminación, luminosidad, retrorreflectividad, así como también regular coherentemente la ubicación, colocación, uniformidad, funcionalidad, mantenimiento, sin dejar de mencionar lo concerniente a la señalización provisional en obras en ejecución.

7. Definir especificaciones para paradas de Transporte Publico (De acuerdo al Manual de Vialidad Urbana MINDUR (1981)¹², Tema 6, Especificaciones para Transporte Publico).
 - a. Ubicación de las paradas de transporte público, deben estar donde no interfieran irrazonablemente con otros flujos vehiculares y donde no interfiera con la visibilidad de los conductores. Cuando sea necesario ubicar una parada seguidamente de una intersección, se ubicará a una distancia apropiada que evite la interferencia con los vehículos que giren a la derecha.

- b. Operación, es conveniente que se ubiquen cerca de los pasos peatonales; sin embargo cuando no exista espacio para la ubicación de la bahía de parada, debe en lo posible garantizar un espacio adicional en la calzada que permita, que cuando el vehículos este realizando la operación de carga y descarga no interfiera con el flujo de la corriente de tráfico. Las paradas deben ubicarse entre 60 a 90 metros una de la otra cuando estén en lados opuestos de una vía de doble circulación. En un segmento de vía para mantener la velocidad de operación razonable y un mínimo de interferencia con la corriente vehicular, las paradas deben estar separadas por lo menos 400m, considerando no aumentar en exceso esta longitud para evitar perjuicios al pasajero. Se debe ofrecer comodidad y seguridad a los usuarios colocando en las bahías de parada, estructuras cubiertas en la acera para el resguardo de los pasajeros.
- c. El diseño de la bahía de parada es función del tipo de vehículo, se asume que en promedio, el vehículo se va a estacionar a 30cm de la acera; sin embargo, si el mismo requiere estacionar más cerca de la acera la longitud se debe aumentar por lo menos 6.00m. A continuación se muestra la Figura 2.3.8-1 donde se especifican los detalles que debe tener la parada de transporte público cuyos valores de diseño se presentan en la Tabla 2.3.8-3.



Fuente: Manual de Vialidad Urbana MINDUR (1981)¹², p 172.

Figura 2.3.8-1. Especificaciones para Diseño de una Parada de transporte Público.

www.bdigital.ula.ve

TABLA 2.3.8-3
LONGITUD MÍNIMA PARA PARADA DE AUTOBUSES

Autobuses		Parada de Un Autobús			Parada de Dos Autobuses		
Número de Asientos	Longitud (m)	Final de cuadra	Comienzo de cuadra	Mitad de cuadra	Final de cuadra	Comienzo de cuadra	Mitad de cuadra
30	8	28	20	38	36	28	46
35	10	30	22	40	40	32	50
40	11	31	23	41	42	34	52
45	12	32	25	43	44	37	55

Fuente: Manual de Vialidad Urbana MINDUR (1981)¹², p 171.

2.4 Formulación de Hipótesis

La implementación de medidas de Bajo Costo, permitirá optimizar el Nivel de Servicio LOS en la Avenida Eleazar López Contreras, disminuyendo los niveles de congestión vehicular y por ende beneficiando las condiciones de transitabilidad de los usuarios, mediante la adecuada aplicación de una serie de mejoras de bajo costo en la infraestructura vial existente, para dar fluidez al tránsito vehicular en la medida en que éstas se desarrollen.

Se espera que con la aplicación de las medidas de bajo costo, donde se logre intervenir en la menor medida posible las condiciones actuales de la infraestructura mejore a su vez el Nivel de Servicio LOS, ya que se ofrecen ventajas a las condiciones de transitabilidad, esto conllevará a un impacto positivo en el Nivel de Servicio actual de la vía.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Consideraciones Generales

La presente investigación tiene como objetivo principal, determinar las mejoras conceptuales de bajo costo que se pueden desarrollar en la infraestructura vial de la Avenida Eleazar López Contreras con la menor afectación posible al entorno, para optimizar el funcionamiento, capacidad y nivel de servicio de la misma, siguiendo una metodología basada en la evaluación de las condiciones actuales del tránsito, de la infraestructura vial conjuntamente con sus zonas adyacentes y análisis de las variables que afectan el libre desenvolvimiento del tráfico en la zona, a través de la aplicación de métodos que permitan mediante el procesamiento de los datos obtenidos en campo, la evaluación y clasificación de la capacidad de la vía, todo esto con el fin de proceder a la búsqueda de alternativas conceptuales de solución de bajo costo y alto impacto que puedan mejorar en un corto o mediano plazo las condiciones de transitabilidad, movilidad y calidad de vía de los usuarios de la mencionada avenida.

3.2. Tipo de Investigación

El propósito de este estudio, es plantear soluciones conceptuales de bajo costo a la situación de congestionamiento actual y demoras, que se presenta en la Avenida Eleazar López Contreras durante la mayor parte de las horas del día, habiendo mayor incidencia en las horas pico tanto de la mañana como de la tarde, es por ello que la investigación se canaliza hacia una **Investigación Proyectiva**, ya que está basada en la exploración, descripción, diagnóstico preciso de necesidades actuales, explicación y proposición de alternativas de bajo costo, considerándola

en tal sentido como un **Proyecto Factible**, ya que involucra un conjunto de actividades vinculadas entre sí, que permitirá el diseño de una propuesta conceptual de acción dirigida a resolver los problemas y las necesidades que actualmente presenta las condiciones del tráfico local y de paso que se desplaza por la Avenida Eleazar López Contreras, permitiendo el logro de objetivos previamente definidos en atención a una planificación que pueda garantizar mejoras en la actualidad y a futuro.

3.3. Diseño de la Investigación

La congestión es una de las principales causas que afecta la velocidad de circulación en las diferentes vías de nuestro país, tal es el caso de la ciudad de Mérida y por ende de la Avenida Eleazar López Contreras objeto de éste estudio, dicho fenómeno afecta los tiempos de viaje, aumenta el consumo de combustible, costos de operación y contaminación atmosférica, entre otros.

En el presente estudio, la investigación radica en la obtención de datos y el análisis de los mismos en función de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, para ello se presenta el diseño de una investigación que integre las técnicas correctas para la obtención de los datos y posterior análisis, que permitan realizar un diagnóstico, determinar los problemas actuales y finalmente las posibles soluciones conceptuales.

Para ello se requiere un diseño de campo no experimental, evolutivo y descriptivo; es decir, donde se observan los fenómenos tal como se presentan y realiza la toma de datos de las variables correspondientes, en este caso: conteos vehiculares, observaciones en sitio, mediciones y levantamiento topográfico de la infraestructura existente, longitud de cola y tiempo de recorrido; todo esto, con el objeto de investigar la incidencia con que se manifiestan las variables, para proporcionar una clara visión del problema y posteriormente presentar una solución conceptual al mismo.

Toda la información recopilada en campo se procesó y analizó a través de la siguiente metodología, mediante la cual se describe cómo y a través de qué medios se realizó la investigación:

3.3.1. Definición del área de estudio y levantamiento topográfico de detalles

Corresponde al área donde se propone plantear las mejoras a la infraestructura vial y su entorno, iniciando el segmento de vía en la Intersección Sai-Sai, ubicada específicamente en las adyacencias del puente La Mata, sitio donde confluyen las avenidas: Eleazar López Contreras, Principal de la Urb. La Mata y el enlace vial que da acceso al sector denominado La Parroquia, y finaliza en la Intersección La Pedregosa, ubicada en la confluencia de las avenidas: Eleazar López Contreras, Los Próceres, La Pedregosa y el inicio de Carretera Local L004 que conduce hacia la población de Jají, de manera que todos los viajes que se realizan a través del segmento de vía puedan ser analizados.

El levantamiento topográfico contiene a nivel de detalle de toda la infraestructura vial existente y zonas adyacentes a los bordes de la vía que sean de uso público y que puedan ser aprovechadas para las mejoras que se requieren. Se estudió además la zonificación del segmento en función del uso del suelo en zonas públicas y privadas, áreas verdes, densidades de población, áreas de estacionamiento público y privado de zonas residenciales y comerciales, que permita verificar si cumple con los planes de zonificación vigentes.

Es importante señalar que con dicha información se elaboraron los planos de vialidad que especifican el funcionamiento actual de la vía, canales o grupos de canales que dan movilidad al

tráfico tanto en las intersecciones como en el segmento, para la ubicación de los puntos críticos donde se realizaron conteos de vehículos y observaciones, además dichos croquis fueron requeridos para la elaboración de las planillas de conteo.

3.3.2. Definición de zonas para realizar los conteos vehiculares y mediciones

El segmento vial de la Avenida Eleazar López Contreras contenida dentro del área de estudio tiene una longitud de 715,069 m; a lo largo de ella se encuentran una serie de accesos y algunas intersecciones a urbanismos, áreas comerciales y de recreación, que manejan un volumen importante de vehículos cuyos movimientos de entrada y salida generan interferencia con el tráfico local y de paso.

Analizando esta situación, se procedió a realizar observaciones de campo que permitieron obtener un diagnóstico visual de los puntos críticos donde, se formaba mayor congestión por las dificultades que generaban las maniobras de giro, así como también para conocer el comportamiento del tráfico y determinar las zonas a ser evaluadas por medio de conteos y mediciones tanto en horas pico como en horas valle del periodo de tiempo seleccionado.

3.3.2.1. Realización de Conteos de Tráfico y mediciones correspondientes en campo

Los métodos de campo para realización de conteos y obtención de toda la información necesaria para el presente estudio fueron manuales, razón por la cual en función de las características del tráfico en la zona se diseñaron como material de apoyo planillas, tablas y formatos que fueron utilizados al momento de realizar los conteos vehiculares, con la finalidad de obtener la información requerida de manera

sencilla y ordenada en cada uno de los diferentes puntos de conteos de la Avenida Eleazar López Contreras; estas actividades se realizaron durante 12 horas continuas de un día típico laborable, y el proceso incluyó: observaciones en campo, toma de datos, el uso de video grabadoras y cualquier técnica que sea acorde para facilitar la obtención de los mismos. Con estos datos se determinaron las velocidades de recorrido y de flujo libre en el tramo. Es importante resaltar que la grabación de videos simultáneos se hizo en las intersecciones donde los volúmenes son mayores y las condiciones de la vía lo permitan.

En vista que los conteos fueron realizados durante 12 horas continuas de un día típico laborable, donde las condiciones del tráfico son prácticamente normales, refiriéndonos a un comportamiento cotidiano de la población durante la mayor parte del año, es decir que se tomaron en cuenta los días del año donde las actividades de la mayor parte de los ciudadanos se realiza en forma normal. Ahora bien, se debe tener presente que dentro de ese lapso de tiempo existen horas del día en que dichas condiciones cambian, por diversos factores relacionados con el área de influencia, se generan picos en la distribución de los volúmenes y se evidencia la denominada congestión.

El presente trabajo se basó en el análisis del segmento de vía donde la fluidez del tráfico se ve comprometida por el fenómeno de la congestión de allí que se tomaron en cuenta las recomendaciones del Manual de Capacidad de Carreteras *Highway Capacity Manual (2010)*⁵ para definir el periodo de tiempo en el cual, el pico debió ser estudiado y conocer en qué lapso de tiempo del día de conteo se generó la denominada

Hora Pico, para lo cual el manual recomienda contar vehículos en intervalos de 15 minutos, en un periodo de tiempo máximo de 1 hora; basados en que, en ese periodo de tiempo las condiciones del tráfico se mantienen estables y se aminora la posibilidad de cometer errores en la toma de datos, es importante señalar que análogamente se escogió la Hora Valle pero con los menores volúmenes registrados a lo largo de las horas de conteo.

En función de esta recomendación, se decidió para éste estudio que los conteos se realizaran en periodos de cinco minutos, los cuales luego deben ser agrupados en periodos de quince minutos consecutivos y donde se escogió el mayor y menor valor respectivamente, lo cual garantizó que los volúmenes fueron máximos y mínimos, y de esta manera se pudo obtener un alto nivel de confianza y un error mínimo.

www.bdigital.ula.ve

3.3.2.2. Procesamiento de datos y de la información recabada conjuntamente con el diagnóstico

Una vez obtenida la información de campo referente a levantamiento topográfico a detalle, mediciones, observaciones, conteos de vehículos y video grabaciones, se inició el procesamiento de la misma para la obtención de: planos topográficos de la vialidad actual y modelo digital del terreno, volúmenes de tráfico que circulan en un día típico laborable para el segmento de vía en estudio, características del tráfico, velocidad y tiempos de recorrido así como también el comportamiento del mismo durante las diferentes horas del día.

Se aplicaron métodos estadísticos a los datos recabados para obtener valores que permitieron estudiar las características del

tráfico por medio de diagrama de frecuencias, gráficos de control de variables, medidores de tendencia central y de dispersión, histogramas, y métodos de evaluación para determinar el nivel de operación y la calidad del servicio que presta a los usuarios la infraestructura vial existente y de todos los factores que actualmente generan problemas de congestión y demoras a lo largo del segmento.

3.3.2.3. Planteamiento de alternativas y escogencia de solución

Con base en los resultados del diagnóstico se plantearon tres alternativas conceptuales para la solución de los problemas determinados, las mismas deben estudiarse y evaluarse desde el punto de vista de operación, normativas vigentes y factibilidad de implantación, dicha evaluación permitirá establecer los parámetros de diseño de los elementos necesarios para el propuesta conceptual que sea escogida para la optimización de la infraestructura vial existente

3.4. Población o Universo de Estudio:

La trama vial de la ciudad de Mérida está conformada por una serie de vías tanto arteriales como locales y colectoras que cumplen con el propósito de permitir la movilidad de un gran volumen de vehículos bien sea local o de paso. La mayor parte de la vialidad principal de la ciudad está controlada en sus extremos por semáforos en las intersecciones; sin embargo, existen casos donde no habiendo semáforo se controla el flujo la corriente vehicular por medio de la canalización física en la infraestructura vial, pero también se da la posibilidad de hacerlo mediante señalización y demarcación siendo ésta última, una de las que mayor conflicto genera, aumentando en horas pico de acuerdo a la ubicación de la intersección.

En condiciones normales de flujo de vehículos, la corriente va avanzando a través del segmento de vía según sea desalojada la intersección; no obstante, debemos tener presente que cuando la movilidad del segmento es afectada por cualquier fenómeno, esto se traduce en una disminución de la velocidad de flujo de la corriente vehicular, y si por alguna razón dicha situación no es disipada en un corto tiempo, se hace presente el fenómeno de congestión, el cual ya es cotidiano en la mayoría de las avenidas y calles de nuestra ciudad, ocasionando un problema de operación vial de gran envergadura y que afecta la calidad de vida de los habitantes.

En la actualidad dicha situación es objeto de estudios que pretenden dar soluciones a estos problemas desde diferentes enfoques, es el caso que abarca éste trabajo y es presentar una propuesta de solución conceptual mediante la cual se logre mejorar la movilidad del segmento de vía, así como de las intersecciones de los extremos y por ende generar un impacto positivo en su entorno desde el punto de vista de operación y nivel de servicio.

3.5. Muestra de Estudio:

La Avenida Eleazar López Contreras que fue el objeto de análisis para el presente estudio, mantuvo un tráfico continuo de vehículos prácticamente durante todo el día y un alto porcentaje de los días del año con características semejantes, actualmente presenta graves problemas de congestión vehicular. Para estudiar dichas características, seguiremos la metodología indicada en el Manual de Capacidad *HCM Highway Capacity Manual (2010)*⁵, específicamente en: Capítulo 17 Segmentos de Calles Urbanas, Capítulo 18 Intersecciones Semaforizadas y Capítulo 19 Intersecciones de Dos Vías Controladas por PARE, en la parte referente a Capacidad y Nivel de Servicio, ajustada a las condiciones actuales de la vía y del tránsito. Dicha metodología es

aplicable a una muestra representativa que indique las características más relevantes de las condiciones del tráfico y de los problemas actuales, por ello es necesario puntualizar el estudio desde un enfoque estadístico que nos permita determinar en función de los datos obtenidos en campo, cual es número de vehículos acorde y necesarios para estudiar y aplicar la metodología cuyos resultados sean confiables, y de esta manera poder determinar el nivel de operación de todo el conjunto y evaluar las posibles medidas de bajo costo que permitan mejorarlo y su vez generar un beneficio a la población.

Como se mencionó anteriormente, los conteos vehiculares se hicieron en un día típico laborable, lo que nos permite generalizar los resultados en cuanto al volumen que en promedio puede desplazarse por el segmento de vía y sus intersecciones en el año, siempre y cuando se mantengan las condiciones bajo las cuales se hicieron dichos conteos; sin embargo, los demás parámetros correspondientes a velocidad de recorrido y factor de hora pico, se refieren a los 15 minutos de mayor volumen del día, en un todo de acuerdo a las recomendaciones ya mencionadas con anterioridad.

Entonces se requiere conocer el tamaño de la muestra y de las variables dependientes en el caso del tiempo de recorrido, que adoptaron los conductores en el segmento de avenida en estudio, para lo cual se siguió la metodología de Medición de Velocidad en un Punto^{2.3.3.31}, donde especifica que se requiere en este caso de un muestreo simple, que sea representativo de la población, adaptada a las condiciones actuales que imperan en el tránsito a través del segmento de vía, ajustando los métodos de recolección de datos.

Como se conoce, el segmento en estudio presenta una serie de características propias de nuestra vida cotidiana, que no son descritas en el manual; sin embargo, se ajustó la metodología para la medición de la velocidad y el tiempo, de manera que el análisis sea confiable y se adapte

al método señalado, del cual se obtuvo como resultado que el tamaño de la muestra es $N = 24.54 \approx 25$ mediciones; sin embargo, dado que el periodo de tiempo de medición es de 15 minutos establecido previamente, para disminuir los posibles errores en la toma de datos y en los valores del cálculo del tamaño de la muestra, se adoptó $N = 50$, tamaño suficiente para realizar un análisis estadístico de la velocidad de recorrido en el segmento, aplicando la ojiva o distribución de frecuencias, que permite mostrar numérica y gráficamente el comportamiento de las velocidades del tráfico.

3.6. Instrumentos para Recolección de Información:

En el presente estudio los datos fueron recabados en campo de forma manual, logrando obtener volúmenes de vehículos, tiempos de recorrido, tiempo del ciclo de los semáforos y longitud de cola, lo cual requirió en primer lugar de personal técnico entrenado, la formulación de planillas, tablas y formatos para conteos manuales y demás mediciones que permitan de una manera sencilla y clara la obtención de la información detallada en campo, a continuación se presentan los modelos de las Planillas N° S-2, N° P-2, N° P-40, N° P-42, N° LF-2, N° LF-15, N° P-48, N° P-50, Tabla N° 4-53 y Figura 3.6-1, que fueron diseñadas para realizar los conteos vehiculares en las intersecciones y demás mediciones requeridas; es importante aclarar que solo se muestran los formatos modelos, y que las planillas que complementan los conteos en los accesos restantes se encuentran en el Anexo A.

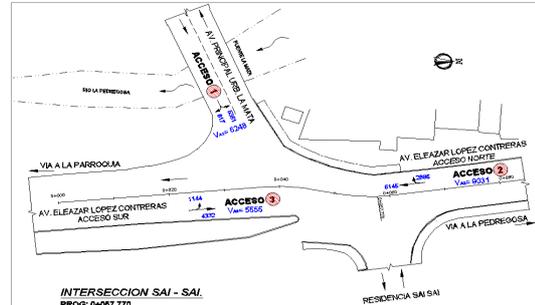
PLANILLA MODELO DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION SAI - SAI

PROGRESIVA: 0+057.770

FECHA:

HORA DE CONTEO:



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO N° S-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO								
	ACCESO 1			ACCESO 2			ACCESO 3		
	AV. PRINCIPAL URB. LA MATA			AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE			AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR		
	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA	Vol. C/15 min	HACIA LA PARROQUIA	HACIA URB. LA MATA	Vol. C/15 min	HACIA URB. LA MATA	HACIA LA PEDREGOSA	Vol. C/15 min
7:00 a 7:05 am									
7:05 a 7:10 am									
7:10 a 7:15 am									
7:15 a 7:20 am									
7:20 a 7:25 am									
7:25 a 7:30 am									
7:30 a 7:35 am									
7:35 a 7:40 am									
7:40 a 7:45 am									
7:45 a 7:50 am									
7:50 a 7:55 am									
7:55 a 8:00 am									
SUB-TOTALES									
TOTALES <u>hora</u> <u>2</u>									
Volumen Maximo en 5min de 1 hora									
Maxima Rata de Flujo e un periodo de 5 min									
Factor de la Hora Pico FHP									

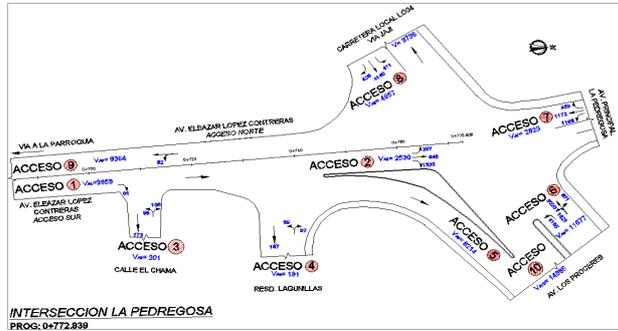
PLANILLA MODELO DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA 0+772.839

FECHA:

HORA DE CONTEO:



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO P-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO													
	ACCESO 1		ACCESO 2						ACCESO 3					
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS SUR		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS						CALLE EL CHAMA					
	HACIA LA PEDREGOS A	Vol. C/15 min	HACIA JAJI	HACIA LA PEDREGOS A	Vol. C/15 min	HACIA LA PEDREGOS A	HACIA AV. LOS PEDREGOS	Vol. C/15 min	HACIA LA PARROQUIA	HACIA LA PEDREGOS A	Vol. C/15 min	DESDE ACCESO NORTE HACIA CALLE EL	DESDE ACCESO SUR HACIA CALLE EL CHAMA	Vol. C/15 min
7:00 a 7:05 am														
7:05 a 7:10 am														
7:10 a 7:15 am														
7:15 a 7:20 am														
7:20 a 7:25 am														
7:25 a 7:30 am														
7:30 a 7:35 am														
7:35 a 7:40 am														
7:40 a 7:45 am														
7:45 a 7:50 am														
7:50 a 7:55 am														
7:55 a 8:00 am														
SUB - TOTALES														
TOTALES hora 2														
Volumen Maximo en 15 min de 1 hora														
Maxima Rata de Flujo en un periodo de 15 min														
Factor de la Hora Pico FHP														

PLANILLA MODELO DE CONTEO MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO Nm
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA :0+772.839

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO P-40 NUMERO DE MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO Nm		
	ACCESO 5	ACCESO 6	ACCESO 8
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	AV. LOS PROCERES	CARRETERA LOCAL L004 VIA JAJI
7:00 a 7:05 am			
7:05 a 7:10 am			
7:10 a 7:15 am			
7:15 a 7:20 am			
7:20 a 7:25 am			
7:25 a 7:30 am			
7:30 a 7:35 am			
7:35 a 7:40 am			
7:40 a 7:45 am			
7:45 a 7:50 am			
7:50 a 7:55 am			
7:55 a 8:00 am			
TOTALES <u>hora 2</u>			

PLANILLA MODELO DE CONTEO DE BUSES Y VEHICULOS PESADOS Nm
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO
MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA

:0+772.839

PLANILLA MODELO P-42 CONTEO DE BUSES Y VEHICULOS PESADOS Nm

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO						NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO		
	ACCESO 2						ACCESO 5		
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS						HACIA AV. LOS PROCERES		
	HACIA JAJI	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA AV. LOS PROCERES	VEHICULOS PESADOS	BUSES	HACIA LOS PROCERES	VEHICULOS PESADOS	BUSES
GRUPO DE CANALES	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 1		
7:00 a 7:05 am									
7:05 a 7:10 am									
7:10 a 7:15 am									
7:15 a 7:20 am									
7:20 a 7:25 am									
7:25 a 7:30 am									
7:30 a 7:35 am									
7:35 a 7:40 am									
7:40 a 7:45 am									
7:45 a 7:50 am									
7:50 a 7:55 am									
7:55 a 8:00 am									
SUB - TOTALES									
TOTALES <u>hora</u> <u>2</u>									

**PLANILLA MODELO DE CONTEO DE OPERACIONES SUBE - BAJA N_B
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO
MERIDA**

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA :0+772.839

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO P-48 NUMERO DE OPERACIONES DE SUBE - BAJA N _B		
	ACCESO 5	ACCESO 6	ACCESO 8
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	AV. LOS PROCERES	CARRETERA LOCAL LO04 VIA JAJI
7:00 a 7:05 am			
7:05 a 7:10 am			
7:10 a 7:15 am			
7:15 a 7:20 am			
7:20 a 7:25 am			
7:25 a 7:30 am			
7:30 a 7:35 am			
7:35 a 7:40 am			
7:40 a 7:45 am			
7:45 a 7:50 am			
7:50 a 7:55 am			
7:55 a 8:00 am			
TOTALES <u>hora 2</u>			

**PLANILLA MODELO DE CONTEO PEATONAL EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO
MERIDA**

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA :0+772.839

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO P-50 NUMERO DE PEATONES QUE CRUZAN EN CADA ACCESO					
	ACCESO 2	ACCESO 5	ACCESO 6	ACCESO 7	ACCESO 8	TOTAL PEATONES CADA 5min.
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	AV. LOS PROCERES	AV. PRINCIPAL LA PEDREGOSA	CARRETERA LOCAL LO04 VIA JAJI	
7:00 a 7:05 am						
7:05 a 7:10 am						
7:10 a 7:15 am						
7:15 a 7:20 am						
7:20 a 7:25 am						
7:25 a 7:30 am						
7:30 a 7:35 am						
7:35 a 7:40 am						
7:40 a 7:45 am						
7:45 a 7:50 am						
7:50 a 7:55 am						
7:55 a 8:00 am						
TOTALES <u>hora 2</u>						

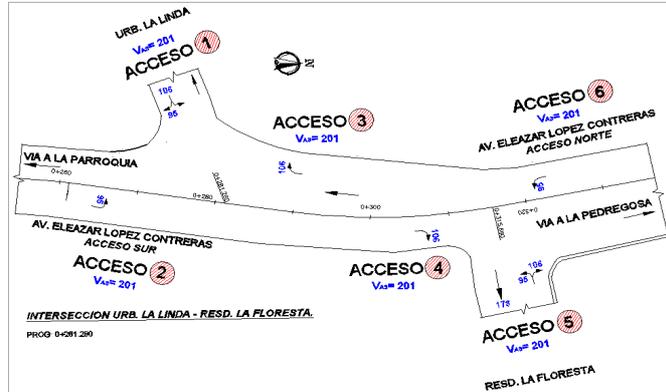
PLANILLA MODELO DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION URB. LA LINDA - URB. LA FLORESTA

PROGRESIVA :0+231.280

FECHA:

HORA DE CONTEO:



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO LF-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO						
	ACCESO 1			ACCESO 2		ACCESO 3	
	URB. LA LINDA			Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR		Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE	
	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA	TOTALES CADA 5 min	URB. LA LINDA	TOTALES CADA 5 min	URB. LA LINDA	TOTALES CADA 5 min
7:00 a 7:05 am							
7:05 a 7:10 am							
7:10 a 7:15 am							
7:15 a 7:20 am							
7:20 a 7:25 am							
7:25 a 7:30 am							
7:30 a 7:35 am							
7:35 a 7:40 am							
7:40 a 7:45 am							
7:45 a 7:50 am							
7:50 a 7:55 am							
7:55 a 8:00 am							
SUB - TOTALES							
TOTALES <u>hora 2</u>							
Volumen Maximo en 5min de 1 hora							
Maxima Rata de Flujo e un periodo de 5 min							
Factor de la Hora Pico FHP							

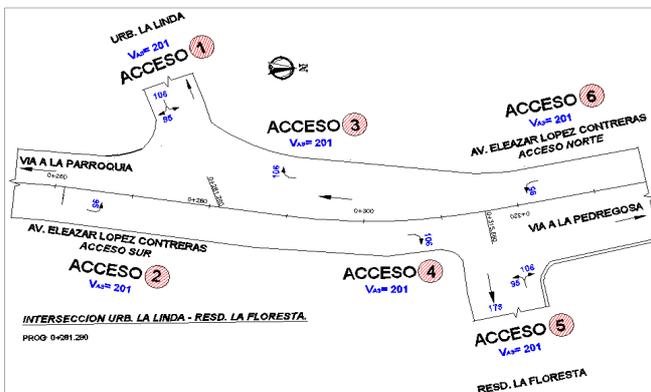
PLANILLA MODELO DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION URB. LA LINDA - URB. LA FLORESTA

PROGRESIVA :0+315,560

FECHA:

HORA DE CONTEO:



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA MODELO LF-15 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO							
	ACCESO 5			ACCESO 6		ACCESO 4		
	RESD. LA FLORESTA			Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE		Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR		
	HACIA LA PARROQUIA	HACIA LA PEDREGOSA	TOTALES CADA 5 min	RESD. LA FLORESTA	TOTALES CADA 5 min	RESD. LA FLORESTA	TOTALES CADA 5 min	
7:00 a 7:05 am								
7:05 a 7:10 am								
7:10 a 7:15 am								
7:15 a 7:20 am								
7:20 a 7:25 am								
7:25 a 7:30 am								
7:30 a 7:35 am								
7:35 a 7:40 am								
7:40 a 7:45 am								
7:45 a 7:50 am								
7:50 a 7:55 am								
7:55 a 8:00 am								
SUB - TOTALES								
TOTALES <u>hora 2</u>								
Volumen Maximo en 5min de 1 hora								
Maxima Rata de Flujo e un periodo de 5 min								
Factor de la Hora Pico FHP								

TABLA MODELO 4-53 MEDICION DE LONGITUD DE COLA EN LOS ACCESOS A LA Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS EN LOS 15 MINUTOS DE LA HORA PICO						
ACCESO	INCIO DE LA COLA	FIN DE LA COLA	DISTANCIA (m)	HORA DE MAYOR COLA	TIEMPO QUE TARDA UN VEHICULO PARA DESALOJAR LA COLA	VELOCIDAD DE RECORRIDO (Km/h)

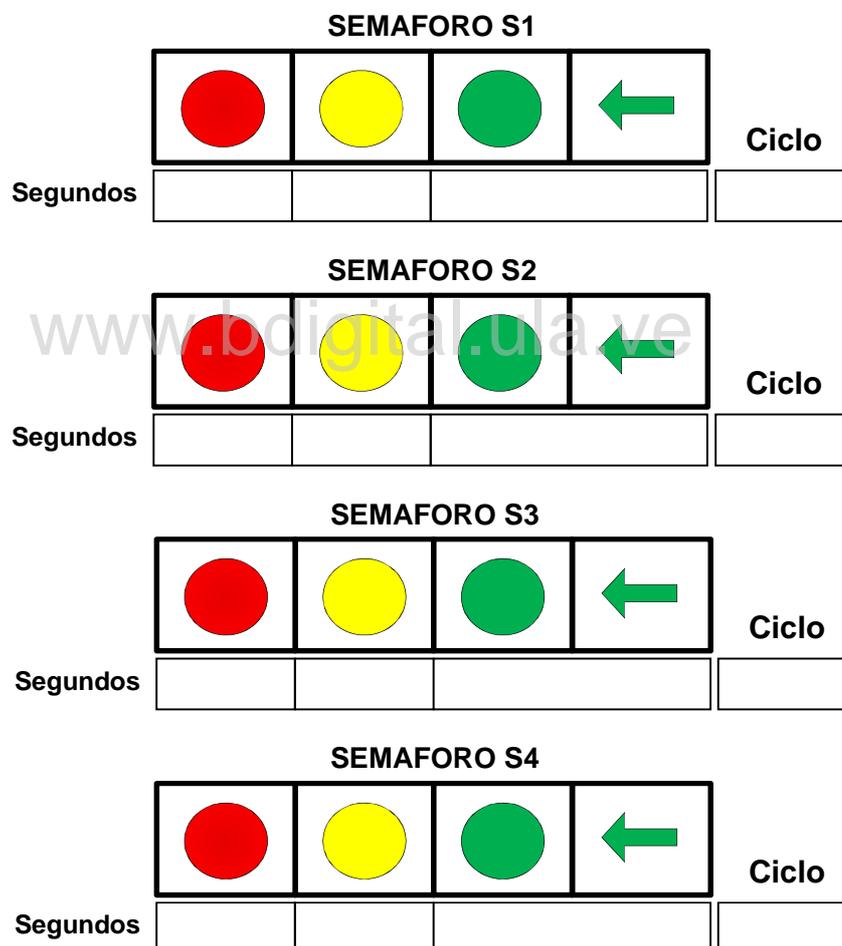


Figura 3.6-1 Formato para obtener tiempo en segundos de cada fase y del ciclo de semáforo en campo

Dentro del conjunto de instrumentos utilizados para realizar las actividades de conteos, tiempos de recorrido y mediciones se tiene: reloj, cronómetros, cámara fotográfica, video grabadora, cinta métrica, contador manual, entre otros, aunado a esto para el levantamiento topográfico a nivel de detalle, se utilizó la estación total, cinta métrica, odómetro, y computadora portátil entre otros.

En otro orden de ideas se consideró necesario, en vista de la diversidad de variables utilizadas en el estudio, establecer para el análisis que conforman la muestra, los siguientes términos: volúmenes de vehículos nos referiremos a vehículos por hora, longitud de cola se refiere a el espacio ocupado por vehículos que no están en movimiento o cuya velocidad sea menor de 10Km/h, velocidad se relaciona con los kilómetros por hora que requiere un vehículo perteneciente a la corriente del tráfico para trasladarse de un extremo al otro y el tiempo se refiere a los segundos que necesite para hacer el recorrido.

www.bdigital.ula.ve

3.7. Medición en campo:

Las técnicas para la obtención de los datos en campo se basó en la observación de las características y detalles de la corriente vehicular, de los conductores y de los peatones, al desplazarse a través del segmento de vía en estudio, tomando anotaciones en cada intervalo de tiempo estipulado, observando el comportamiento del tráfico o de algún evento fuera de lo común que pueda alterar la medición, ya sea por parte de la infraestructura (bache), servicios públicos (semáforos, electricidad, recolección de basura, operativos) o humanos (choque, presencia de fiscales de tránsito, presencia inusual de volúmenes de peatones, vehículo accidentado).

Dentro del conjunto de las actividades de mayor importancia para la realización de este trabajo de investigación tenemos:

- Elaboración del levantamiento topográfico de la infraestructura vial y levantamiento de los detalles de zonas adyacentes, servicios públicos y cualquier otro tipo de información de interés, ubicados en el área de influencia del segmento de vía en estudio que inicia en la Intersección Sai-Sai y finaliza en la Intersección La Pedregosa. Dicho levantamiento fue realizado con equipos técnicos computarizados y manuales, de manera de recabar toda la información posible en campo por medio de observaciones, toma de mediciones, de cada uno de los elementos de interés.
- Conteos vehiculares, de peatones y de cualquier situación especial que se consideró necesaria e importante para la investigación. Es importante recordar que se estipuló el periodo de tiempo utilizado en este trabajo, en 5 minutos para los intervalos de los conteos, y que además solo en las horas pico se especificaron los vehículos livianos y pesados, buses de transporte público que circularon por el segmento de vía y realizaron operaciones de sube y baja en las intersecciones importantes, vehículos que se estacionaron en zonas no permitidas en las intersecciones y peatones que cruzaron en los accesos de las mismas.
- Verificación del tiempo de cada una de las fases de los semáforos ubicados en la Intersección La Pedregosa.
- Realización de grabaciones digitales simultáneas desde puntos estratégicos, que permitan captar en tiempo real el comportamiento del tráfico a lo largo del segmento de vía, previa investigación de las zonas donde se generan mayores volúmenes o congestión y la determinación de sus causas, bien sea físicas o eventuales, también se investigó las causas en la variación de los tiempos de recorrido. Todo esto con el fin de obtener el menor margen de error y el mayor nivel de confianza al momento de realizar el procesamiento de los datos.

A continuación se describen los sitios escogidos para los conteos:

- Intersección Sai – Sai, es una Intersección en “T” No Semaforizada, donde convergen las avenidas, Eleazar López Contreras y Principal de la Urb. La Mata, ubicada al inicio del segmento de vía en estudio, en las cercanías del Puente La Mata, justo frente a la residencia del mismo nombre.
- Intersección La Pedregosa, es una Intersección en cruz “+” Semaforizada ubicada al final del segmento de vía en estudio, en la confluencia de las avenidas: Eleazar López Contreras, Los Próceres, La Pedregosa y Carretera Local L004 que conduce hacia la población de Jají, es importante mencionar que para los conteos se adicionaron a esta intersección dos accesos por estar muy cercanos a la misma y que manejan un volumen importante que incide directamente en la corriente del tráfico, dichas intersecciones son: Calle El Chama y Residencias Lagunillas.
- Intersección La Linda, ubicada en el tercio central del segmento de vía en estudio, conforma una intersección en “T” que da acceso a la urbanización del mismo nombre desde la Av. Eleazar López Contreras.
- Intersección la Floresta, ubicada en el tercio central del segmento de vía en estudio, conforma una intersección en “T” que da acceso a la urbanización del mismo nombre desde la Av. Eleazar López Contreras.
- La velocidad que un vehículo puede desarrollar en cualquier segmento de vía está supeditada a varios factores, se enfocó la medición de velocidad en los términos del propósito de éste estudio a un método indirecto, pues es totalmente manual donde se conoce la distancia entre dos puntos y se midió el tiempo que tardaron los vehículos en hacer este recorrido, los parámetros son totalmente variables bajo cualquier circunstancia, por ello se trabajó con

valores medios de velocidad de recorrido y de flujo libre, medidos a través de la toma de videos simultáneos en los extremos del segmento de vía.

- En cuanto a la longitud de cola, se obtuvo realizando observaciones en campo, contando en los accesos de cada intersección, durante los 15 minutos de la hora pico, el número de vehículos afectados por la misma cuya velocidad era menor de 10km/h. Se debe tener muy en cuenta que en los accesos a las intersecciones en estudio están ocurriendo situaciones que alteran las condiciones normales del tráfico ya que el volumen de vehículos es mayor que la capacidad de la vía, pero existe un factor de mucha importancia que incide en esta acumulación de los mismos y es el que se conoce como demanda vehicular.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 4

PROCESAMIENTOS DE DATOS

4.1 **Consideraciones Generales**

En el país los métodos de análisis de operación de vialidad urbana y rural están fundamentados en el Manual *HCM Highway Capacity Manual*, ya que estas metodologías toman en cuenta la mayor cantidad de variables que se presentan en el tráfico y que a su vez pueden ser adaptadas a la condiciones de la zona permitiendo así su evaluación. El presente estudio tiene como objetivo principal encontrar una adaptación de las condiciones actuales del tráfico y su entorno para evaluar su capacidad y nivel de servicio, utilizando las metodologías del Manual *HCM Highway Capacity Manual 2010*; es importante recordar que por tratarse de un segmento de vía limitado por intersecciones, necesariamente debemos utilizar tres capítulos del manual, a seguir: Capítulo 17 Segmentos de Calles Urbanas, Capítulo 18 Intersecciones Semaforizadas y Capítulo 19 Intersecciones de Dos Vías Controladas por PARE, en la parte referente a Capacidad y Nivel de Servicio, para lo cual se ha recabado en campo una serie de datos necesarios que permitieron conocer las variables que influyen en la determinación de la capacidad y nivel de servicio, tanto del segmento de vía como de las intersecciones involucradas, así como las condiciones de la infraestructura vial y sus alrededores. Sin embargo, previamente a la aplicación del manual fue requerido el estudio de las características del tráfico, mediante la realización de conteos vehiculares y una serie de mediciones en campo que permitieron obtener los datos necesarios a los cuales se les aplicó procedimientos estadísticos para reducir, ordenar, agrupar y representar gráficamente su análisis e interpretación de una forma clara y concisa, por medio de la utilización tablas, agrupación por clases, cálculos de los porcentajes de cada clase

y posterior acumulación de los mismos obteniendo histogramas y ojivas de donde podemos extraer valores representativos de posición y dispersión que permitan a su vez caracterizar la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y de posición de un porcentaje de los datos con respecto a toda la data. Una vez realizado este proceso se procedió a la aplicación de las metodologías descritas.

Se aplicará según sea el caso, el método de análisis de capacidad y operación descrito en el HCM Highway Capacity Manual 2010; sin embargo, es importante dar a conocer que para lograr la aplicación de la metodología se utilizó el software denominado Synchro 8.0, que es una herramienta totalmente actualizada para la modelación y optimización de diversas condiciones de tránsito en redes urbanas, utilizado para complementar los estudios relacionados con el tránsito vehicular que reproduce los datos en forma aproximada la realidad, y permite el análisis de los datos ofreciendo la ventaja de realizarlo de manera conjunta en el segmento de vía descrito, lo cual es considerado un gran avance en este tipo de estudios, ya que se basa en un modelo de simulación.

Los datos y análisis serán enfocados a tres capítulos principales que se mencionan a continuación:

Capítulo 17: Segmentos de Calles Urbanas:

Permitió la aplicación de una metodología para la evaluación operativa de la Capacidad y Nivel del Servicio LOS que es prestado a los usuarios que se desplazan a lo largo de un segmento de la calle urbana, en nuestro caso la Avenida Eleazar López Contreras, empleando una serie de medidas de valoración que permitieron conocer cómo se está llevando a cabo el funcionamiento de la mismo para el tráfico presente, poniendo en evidencia el origen de los diversos problemas y generando a su vez información para el desarrollo de estrategias y mejoras eficaces que puedan ser puestas en servicio. Esta metodología es aplicable a un segmento de calle urbana tipo arterial, limitada en sus extremos por las

intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa, teniendo claro que el área de influencia de las mismas se extiende hacia atrás de las intersecciones incluyendo la medida más distante de cualquier cola relacionada con ella y que ocurra durante el período analizado.

La metodología recomienda que cuando estamos analizando un segmento que tiene una longitud corta, la interacción entre los movimientos de tráfico y dispositivos de control en los dos extremos, es lo suficientemente compleja como para realizar un análisis por separado de cada elemento ya que no proporcionará una indicación precisa del funcionamiento de la calle urbana, ésta complicación ocurre independientemente del tipo de control presente en las dos intersecciones de los extremos; sin embargo, es difícil definir condiciones específicas en un segmento que es corto, por ello se describen reglas generales que se pueden aplicar para decidir esta determinación.

Capítulo 18: *Intersecciones semaforizadas*

Es aplicable a intersecciones de tres o cuatro accesos, de dos calles o carreteras donde la señalización opera en forma aislada de las intersecciones cercanas, a su vez permite la evaluación de la Capacidad y Nivel del Servicio LOS prestado a los usuarios de la vía. El análisis está limitado por el área de influencia operacional en cada acceso, es decir por la distancia aguas arriba desde la intersección que debe ser suficiente para enmarcar el tamaño de esta zona en específico, incluyendo la distancia más lejana de cualquier cola relacionada a la intersección, por estas razones se establecen los límites de acuerdo a las condiciones presentadas durante el período de análisis. El funcionamiento de la intersección está definido por el uso de una o más medidas cuantitativas que caracterizan algunos de los aspectos del servicio prestado a los usuarios de la vía. En nuestro caso el Nivel de Servicio LOS se realizó para la intersección La Pedregosa considerada como un todo así como también para cada acceso. Ahora bien, tomando en consideración que el

acceso de la Avenida Los Próceres cuenta con una sección transversal bastante diferente a los demás accesos, maneja un alto volumen de vehículos y es donde mayormente se generan problemas de colas y congestión, fue utilizado como patrón para estudiar el control de demora, demanda y la relación de volumen a la capacidad que permiten caracterizar el Nivel de Servicio LOS de toda la intersección.

Capítulo 19: *Intersecciones de Dos Vías Controlado Con PARE*

Diseñado para una intersección donde la calle la principal no está controlada, mientras que la calle de menor importancia es controlada por señales de PARE, o también aplica una intersección de dos vías en T, donde se incorpora el acceso de la calle de menor importancia y es controlada por una señal de PARE o CEDA EL PASO. Para el presente estudio se aplicó en la Intersección Sai – Sai, considerando la calle principal como la continuidad de la Avenida Eleazar López Contreras con la Principal de la Urbanización La Mata y la de menor importancia que se puede denominar como vástago de la T, es la del enlace vial que da acceso a La Parroquia. Para el análisis de la capacidad en este tipo de intersecciones se requiere una descripción clara y la comprensión de la intersección entre los usuarios de la vía al realizar maniobras de giro tanto a la derecha como a la izquierda en cada corriente de flujo, por lo cual las mediciones de campo deben especificar el funcionamiento de la intersección, ya que el análisis se basa en el desarrollo de modelos empíricos que establecen restricciones en la interacción vehicular entre las corrientes de flujo, basadas en la aceptación de brechas y el funcionamiento aislado de la misma.

4.2 Conformación de intersecciones semaforizadas y no semaforizadas y definición de las Características físicas de la vía.

A continuación se presenta la conformación así como también las diferentes características de la Avenida y sus intersecciones extremas.

4.2.1 Denominación de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas.

A continuación se presenta para cada intersección la ubicación de manera progresiva respecto a éste estudio y la denominación con que fueron conformados cada uno de sus accesos para elaborar el mismo.

4.2.1.1 Intersección No Semaforizada Sai –Sai.

Ubicada en la progresiva 0+057.770, es una Intersección en “T”, donde convergen las avenidas, Eleazar López Contreras, Principal de la Urb. La Mata y el enlace vial que conduce a La Parroquia. Para la nomenclatura de la intersección se conformaron cuatro accesos que se describen a continuación y se ilustran en la Figura 4.2.1.1-1:

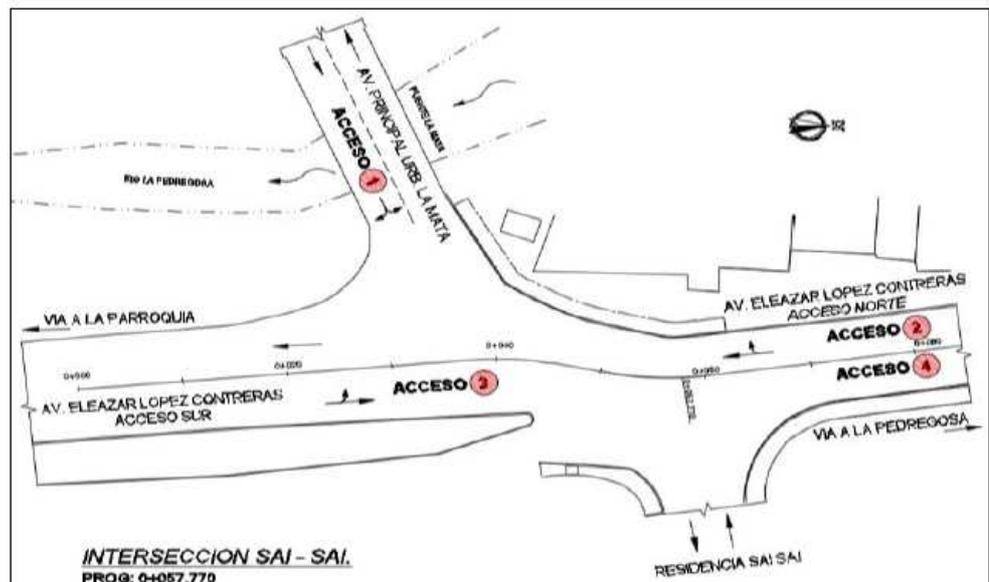


Figura 4.2.1.1-1 Conformación de Accesos en la Intersección Sai –Sai.

- Acceso 1: Av. Principal de la Urb. La Mata (Sentido Subiendo)
- Acceso 2: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Bajando)
- Acceso 3: Enlace Vial a la Parroquia (Sentido Subiendo)
- Acceso 4: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Subiendo)

4.2.1.2 Intersección No Semaforizada La Linda – La Floresta

Ubicadas en las progresivas 0+261.280 y 0+315.660, son Intersecciones en “T”, situadas a cada lado de la sección transversal de la Av. Eleazar López Contreras, por lo tanto las vías secundarias son las que dan acceso a las urbanizaciones del mismo nombre respectivamente. Para la nomenclatura de las intersecciones se conformaron seis accesos que se describen a continuación y se ilustran en la Figura 4-.2.2.2-1:

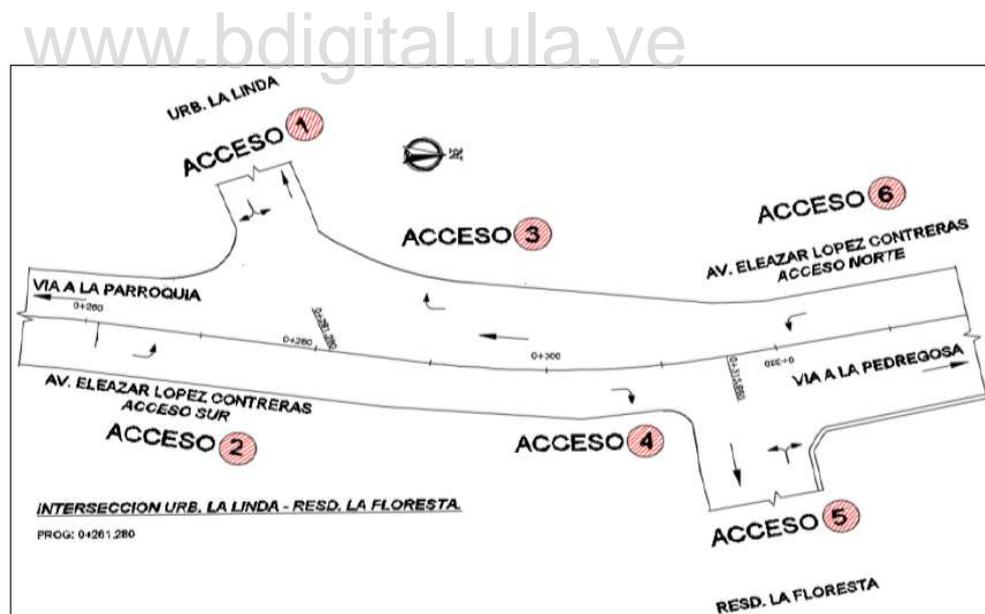


Figura 4.2.1.2-1 Conformación de Accesos en la Intersección La Linda – La Floresta

- Acceso 1: Calle de acceso a la Urb. La Linda
- Acceso 2: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Subiendo)
- Acceso 3: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Bajando)
- Acceso 4: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Subiendo)
- Acceso 5: Calle de acceso a la Urb. La Floresta
- Acceso 6: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Bajando)

4.2.1.3 Intersección SemafORIZADA La Pedregosa

Ubicada en la progresiva 0+732.839, es una Intersección en cruz “+” donde confluyen las avenidas Eleazar López Contreras, Los Próceres, La Pedregosa y Carretera Local L004 que conduce hacia la población de Jají, también formaron parte de esta intersección para los conteos, las intersecciones de la Calle El Chama y Residencias Lagunillas, por estar muy cercanos a la intersección principal. Es importante señalar que en esta intersección por ser semaforizada, requiere para su análisis conteos de peatones, buses y vehículos pesados, maniobras de estacionamiento y maniobra de sube y baja. Para la nomenclatura de la intersección se conformaron diez accesos que se describen a continuación y se ilustran en la Figura 4.2.1.3-1:

- Acceso 1: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Subiendo)
- Acceso 2: Av. Eleazar López Contreras (Ubicado en la Intersección)
- Acceso 3: Calle El Chama
- Acceso 4: Residencias Lagunillas
- Acceso 5: Rampa de acceso desde Av. Eleazar López Contreras hacia la Av. Los Próceres
- Acceso 6: Av. Los Próceres (Hacia La Parroquia / Jají / La Pedregosa)

- Acceso 7: Av. Principal La Pedregosa
- Acceso 8: Carretera Local L004 vía Jají
- Acceso 9: Av. Eleazar López Contreras (Sentido Bajando)
- Acceso 10: Av. Los Próceres (Hacia La Hechicera)

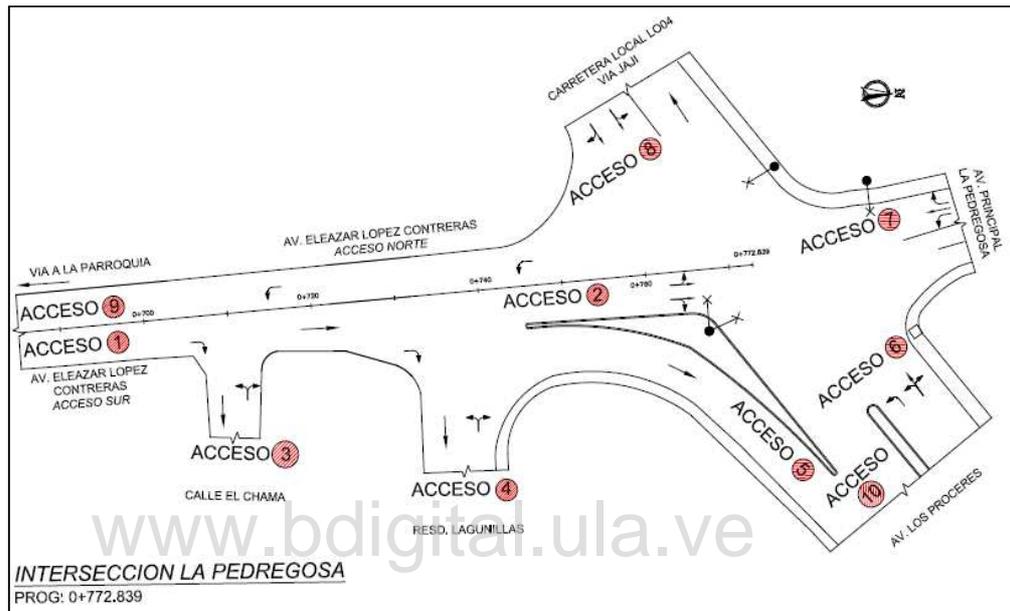


Figura 4.2.1.3-1 Conformación de Accesos en la Intersección La Pedregosa

4.2.2 Definición de las Características físicas de la vía.

A parte de todos los datos del tráfico se deben conocer las características físicas y demás información necesaria de la infraestructura tanto del segmento de vía en estudio como de las intersecciones involucradas, a continuación en las Figuras 4.2.2-1, 4.2.2-2, 4.2.2-3 y 4.2.2-4 se presentan de manera gráfica la información recabada en campo.

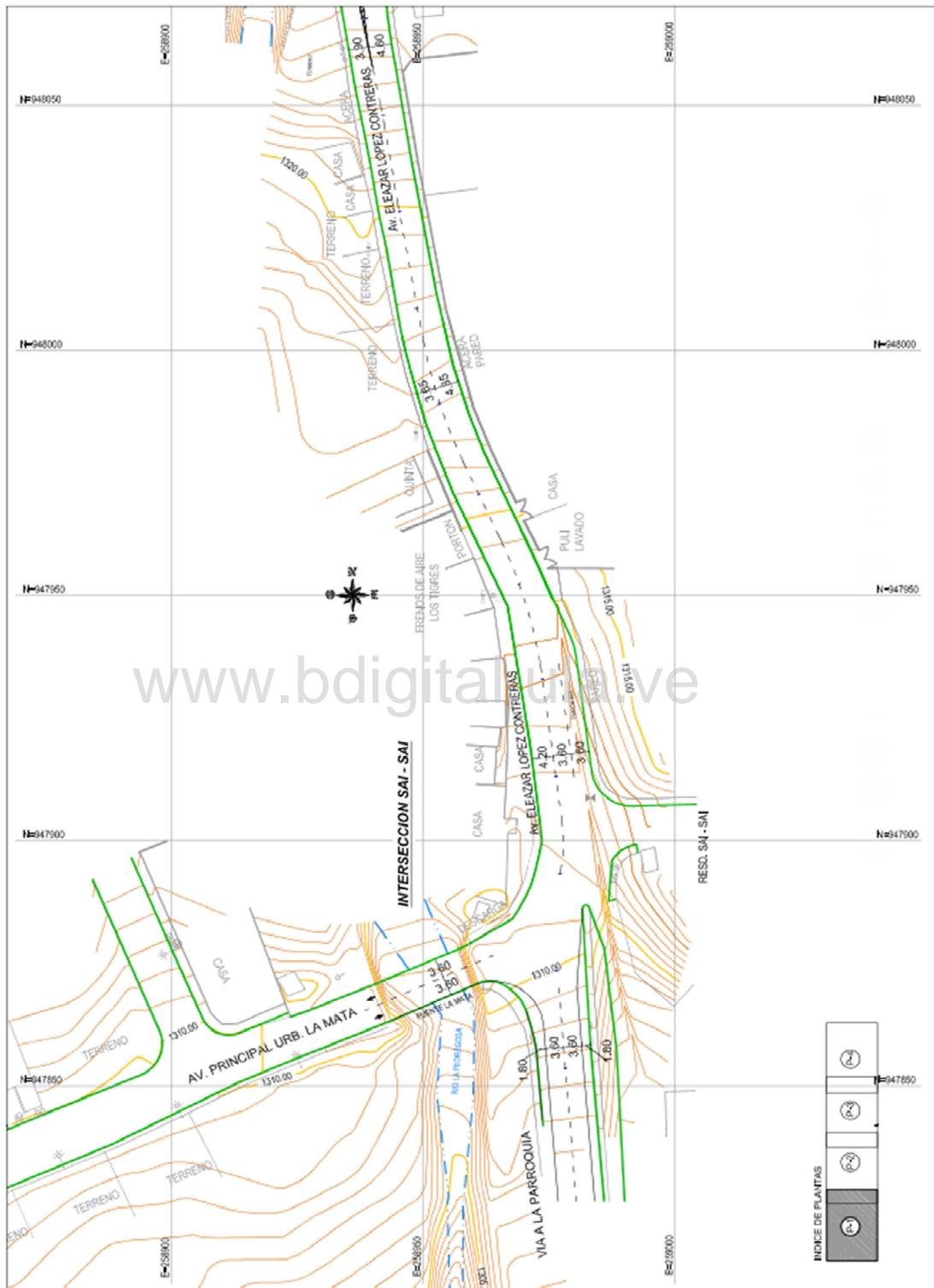


Figura 4.2.2-1 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes

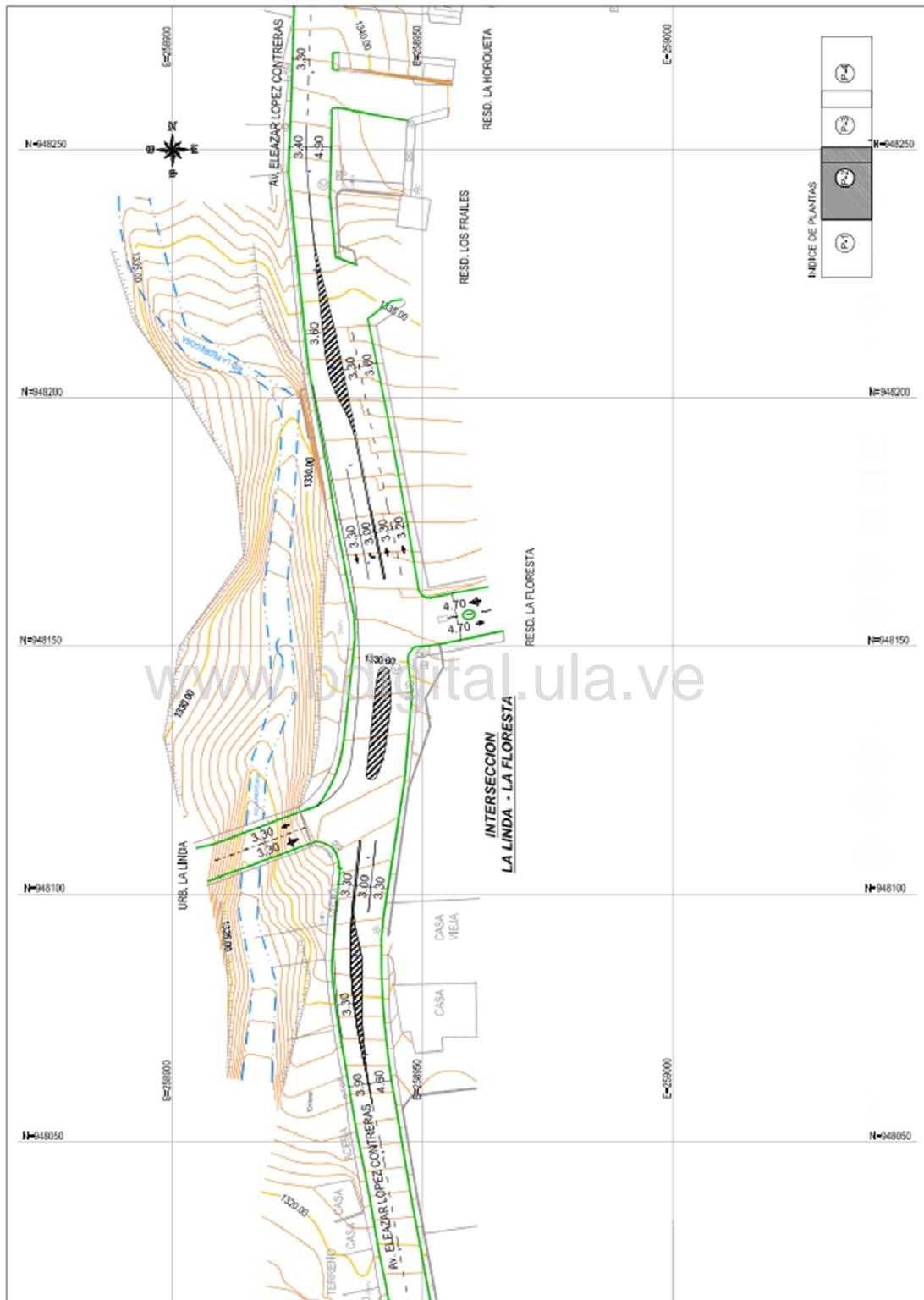


Figura 4.2.2-2 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes

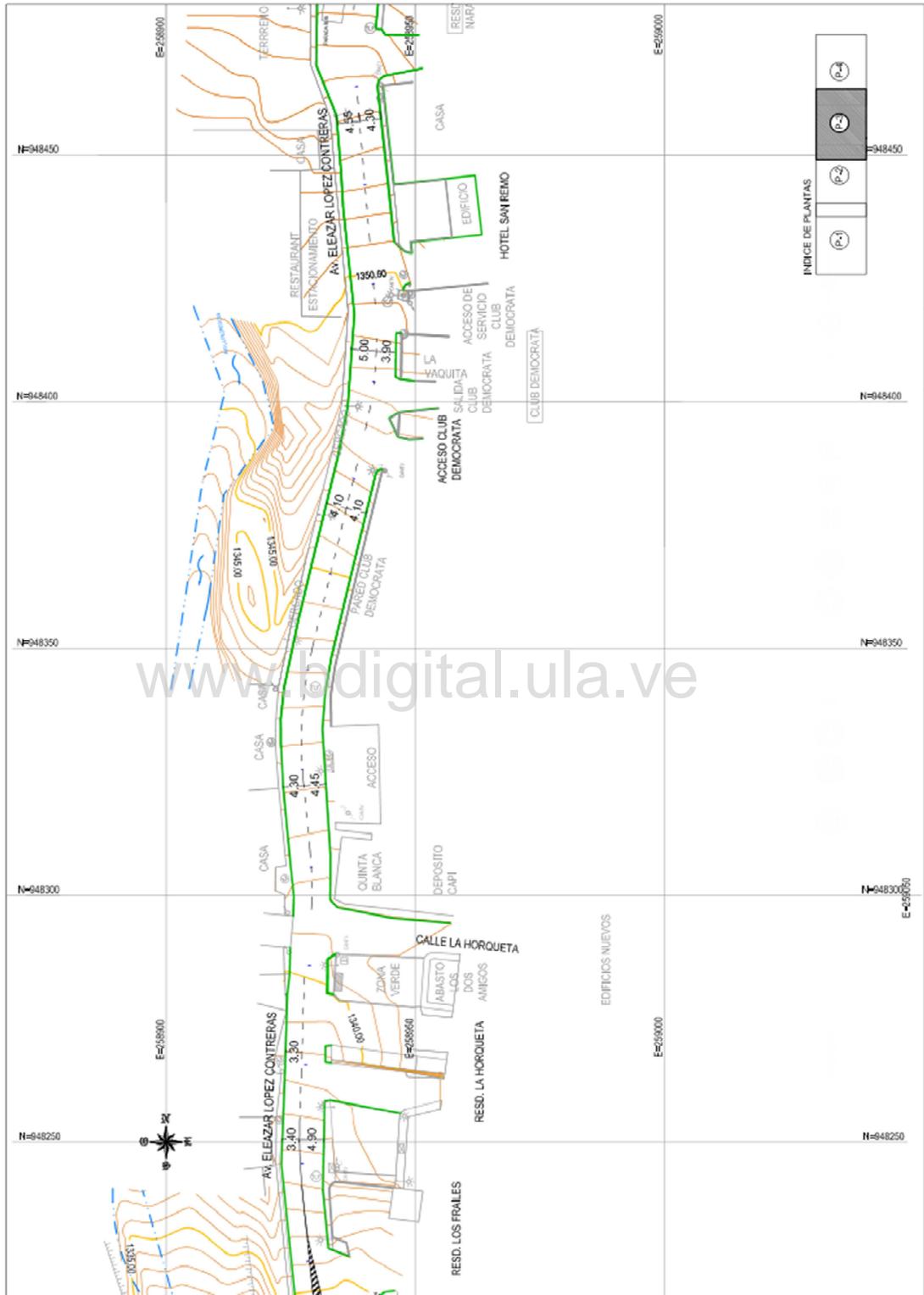


Figura 4.2.2-3 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes

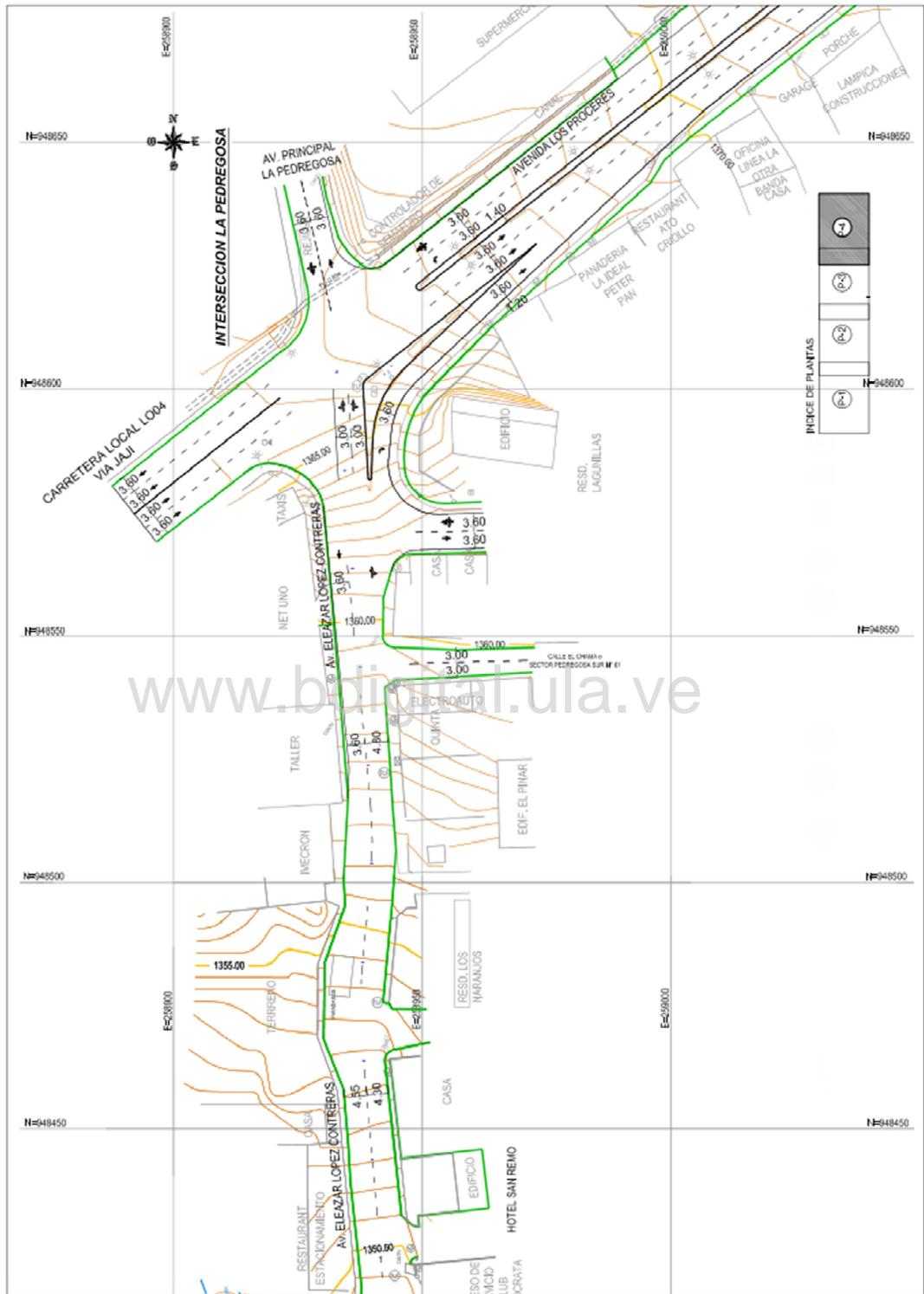


Figura 4.2.2-4 Características físicas de la Avenida Eleazar López Contreras y zonas adyacentes

4.3 Determinación del Tamaño de la Muestra.

Para ello se aplicó el método de análisis de Medición de Velocidad en un Punto, correspondiente a un muestreo simple, que sea representativo de la población, que permitió conocer el tamaño de la muestra a ser analizada y el cual se presenta a continuación:

$$N = \left(S \frac{K}{E} \right)^2$$

Donde:

N = Tamaño de la Muestra o mínimo número de mediciones de velocidad.

S = Desviación estándar (mph) Obtenido de la Tabla N° 2.3.3-2.

K = Constante correspondiente al nivel de confianza deseado Obtenido de la Tabla N° 2.3.3-3.

E = Error promedio permitido (mph). Valor recomendado para éste estudio utilizar 2.50 mph.

Entonces:

S = 4.80 mph (Tabla N° 2.3.3-2)

K = 2.58

E = 2.50 mph

$$N = \left(4.80 \frac{2.58}{2.50} \right)^2 = 24.54$$

Con la finalidad de disminuir los posibles errores cometidos en la toma de datos de campo y en virtud que se pudieron obtener un numero de datos mayores, se definió como tamaño de la muestra N = 50.

4.4 Codificación y Tabulación de Datos:

El proceso de obtención de datos en campo, permite conocer un gran número de factores y características del comportamiento del tráfico bajo las condiciones imperantes de la zona; sin embargo, es necesario realizar el procesamiento de dicha información mediante la aplicación de

diversos métodos en función de las variables que se conocen y las que se desean conocer. Una de las actividades más importantes de la recolección de datos en campo son los conteos vehiculares, ya que nos permiten analizar tanto el segmento de vía en estudio como las intersecciones que intervienen.

La presentación y procesamiento de los datos se desarrollará para las intersecciones más importantes que se encuentran en el segmento de vía, iniciando en la Intersección No SemafORIZADAS Sai – Sai donde se recabaron conteos de vehículos, seguidamente la Intersección No SemafORIZADAS La Linda – La Floresta, donde se recabaron también conteos de vehículos y finalizando en la Intersección SemafORIZADA la Pedregosa, para la que se presentan los Conteos de vehículos, peatones, buses y vehículos pesados, maniobras de estacionamiento y maniobra de sube y baja, incluyendo lo concerniente al segmento de vía correspondiente a la Avenida Eleazar López Contreras, los mismos serán presentados y analizados en el siguiente orden.

- 4.4.1 Conteos vehiculares por hora y demás información requerida para la determinación de los volúmenes en periodos de 15 minutos, selección del mayor volumen y cálculo del Factor de Hora Pico, en intersecciones semafORIZADAS y no semafORIZADAS.
 - 4.4.1.1 Conteos Vehiculares Intersección No SemafORIZADA Sai – Sai.
 - 4.4.1.2 Conteos Vehiculares Intersección No SemafORIZADA La Linda – La Floresta.
 - 4.4.1.3 Conteos Vehiculares Intersección SemafORIZADA La Pedregosa.
- 4.4.2 Determinación de Hora Pico y Hora Valle, en las Intersecciones y Segmento de Vía.
 - 4.4.2.1 Volúmenes por hora en la Intersección Sai – Sai.
 - 4.4.2.2 Volúmenes por hora en la Intersección La Pedregosa.

- 4.4.2.3 Volúmenes por hora en la Segmento de vía, Avenida Eleazar López Contreras.
 - a. Intersección Sai – Sai.
 - b. Intersección La Pedregosa.
 - c. Segmento de vía, Avenida Eleazar López Contreras.
- 4.4.3 Definición de los 15 minutos de mayor y menor volumen, para medición de tiempo de recorrido en las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa.
 - 4.4.3.1 Volumen de vehículos por acceso, en hora pico y hora valle.
 - 4.4.3.2 Volumen de vehículos acumulados por acceso y por hora.
 - 4.4.3.3 Definición de los 15 minutos de mayor volumen.
- 4.4.4 Medición de Tiempos, Calculo de la Velocidad de Recorrido y Flujo Libre, en el segmento de Av. Eleazar López Contreras para los vehículos que se desplazan en ambas direcciones en los periodos de tiempo determinados en el punto anterior.
 - 4.4.4.1 Velocidad de Recorrido en la Hora Pico y Velocidad de Flujo Libre en la Hora Valle, tanto en la Mañana como en la Tarde. Para la muestra calculada.
 - 4.4.4.2 Distribución de Frecuencias para determinar Velocidad de Recorrido y Flujo Libre, requerida para la aplicación de Metodología de HCM Highway Capacity Manual 2010.
- 4.4.5 Medición de Colas en los accesos a las intersecciones Sai - Sai y La Pedregosa.
- 4.4.6 Medición de Tiempos de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.
- 4.4.7 Aplicación y análisis de Metodología del Manual HCM Highway Capacity Manual 2010 en las condiciones actuales de la Avenida Eleazar López Contreras desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa incluyendo la Intersección La Linda – La Floresta, durante las horas pico de la Mañana de 7:00 a 8:00

am y de la Tarde 5:00 a 6:00 pm, mediante el uso del software Synchro 8.

4.4.1 Conteos vehiculares por hora y demás información requerida para la determinación de los volúmenes en periodos de 15 minutos, selección del mayor volumen y cálculo del Factor de Hora Pico, en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas

Los conteos vehiculares se realizaron durante 12 horas continuas de un día típico laborable en periodos de 5 minutos, sin embargo la metodología recomienda trabajar con periodos de 15 minutos; entonces, en primer lugar se requiere obtener la tabulación de los mismos y conocer en esos periodos de tiempo, los volúmenes por canal o grupo de canales y por acceso. Es importante aclarar que aunque el conteo es continuo, se realizó por separado el turno de mañana y el de la tarde. El turno de la mañana de 6:30 am hasta las 12:00 m y el turno de la tarde le corresponde de 12:00 m hasta las 6:30 pm. Ahora bien el paso siguiente fue, obtener por hora de conteo el volumen de vehículos cada 15 minutos, seguidamente seleccionar el volumen máximo de vehículos en cada periodo de 15 minutos de cada hora, y finalmente con ese valor se calculó la Máxima Rata de Flujo y por último el Factor de la Hora Pico FHP para los 15 minutos de mayor volumen. A continuación se presentan las planillas de conteos para las intersecciones: No Semaforizada Sai –Sai, No Semaforizada La Linda – La Floresta y Semaforizada La Pedregosa

4.4.1.1 Conteos Vehiculares Intersección No SemafORIZADA Sai – Sai.

A continuación se muestra la Planilla S-2 de conteos en los accesos 1, 2 y 3. En el periodo de tiempo de 7:00 am a 8:00 am. En el Anexo 1 se encuentran las Planillas de conteos desde S-1 hasta S-13 correspondientes a todas las horas del día.

www.bdigital.ula.ve

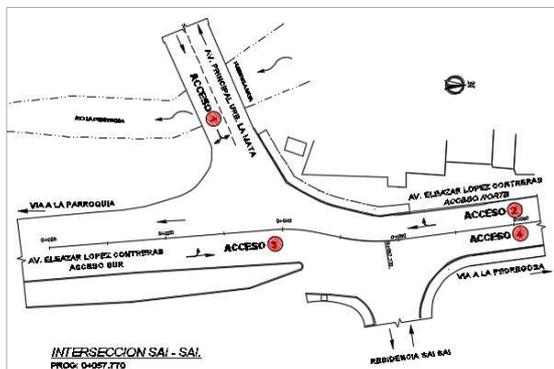
PLANILLA DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION SAI - SAI

PROGRESIVA: 0+057.770

FECHA: 04/03/2015

HORA DE CONTEO: 6:30 am - 6:30 am



CROQUIS DE UBICACIÓN

INTERSECCION SAI - SAI
 PROG: 0+057.770

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA S-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO								
	ACCESO 1			ACCESO 2			ACCESO 3		
	AV. PRINCIPAL URB. LA MATA			AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE			AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR		
	↶	↷	Vol. C/15 min	↑	↷	Vol. C/15 min	↶	↑	Vol. C/15 min
HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA		HACIA LA PARROQUIA	HACIA URB. LA MATA		HACIA URB. LA MATA	HACIA LA PEDREGOSA		
7:00 a 7:05 am	31	4	74	11	35	95	5	29	70
7:05 a 7:10 am	34	5	116	13	36	148	6	30	109
7:10 a 7:15 am	36	6	125	14	39	158	7	32	117
7:15 a 7:20 am	37	7	126	15	41	163	9	33	120
7:20 a 7:25 am	34	6	122	14	40	163	7	32	119
7:25 a 7:30 am	33	5	114	14	39	155	7	31	114
7:30 a 7:35 am	32	4	107	10	38	150	6	31	109
7:35 a 7:40 am	30	3	102	11	38	145	4	30	105
7:40 a 7:45 am	29	4	100	12	36	146	5	29	103
7:45 a 7:50 am	30	4	98	11	38	146	4	31	105
7:50 a 7:55 am	29	2	98	10	39	146	7	29	107
7:55 a 8:00 am	30	3	64	11	37	97	6	30	72
SUB - TOTALES	385	53		146	456		73	367	
TOTALES hora 2	438			602			440		
Volumen Máximo en 5min de 1 hora	126			163			120		
Máxima Rata de Flujo e un periodo de 5 min	1512			1956			1440		
Factor de la Hora Pico FHP	0,29			0,31			0,31		

4.4.1.2 Conteos Vehiculares Intersección No Semaforizada La

Linda – La Floresta.

A continuación se muestra la Planilla LF-2 de conteos en los accesos 1, 2, 3. En el periodo de tiempo de 7:00 am a 8:00 am. En el Anexo 2 se encuentran las Planillas de conteos desde LF-1 hasta LF-26 correspondientes a todas las horas del día en todos los accesos.

www.bdigital.ula.ve

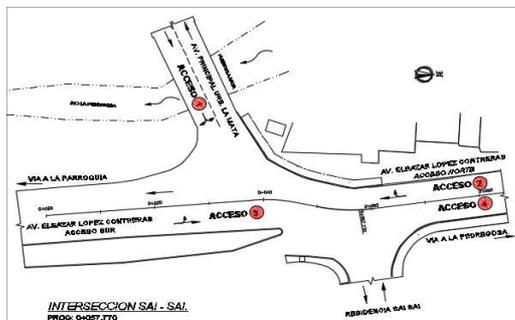
PLANILLA DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO
MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION URB. LA LINDA - URB. LA FLORESTA

PROGRESIVA :0+231.280

FECHA: 04/03/2013

HORA DE CONTEO: 6:30 am - 6:30 am



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA LF-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO							
	ACCESO 1			ACCESO 2		ACCESO 3		
	URB. LA LINDA			Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR		Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE		
	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA	TOTALES CADA 5 min	URB. LA LINDA	TOTALES CADA 5 min	URB. LA LINDA	TOTALES CADA 5 min	
7:00 a 7:05 am	1	1	2	1	1	1	1	
7:05 a 7:10 am	2	2	4	2	2	1	1	
7:10 a 7:15 am	1	1	2	1	1	2	2	
7:15 a 7:20 am	1	1	2	1	1	1	1	
7:20 a 7:25 am	1	1	2	0	0	1	1	
7:25 a 7:30 am	1	1	2	1	1	2	2	
7:30 a 7:35 am	1	1	2	2	2	1	1	
7:35 a 7:40 am	0	1	1	0	0	1	1	
7:40 a 7:45 am	1	0	1	0	0	2	2	
7:45 a 7:50 am	0	1	1	1	1	1	1	
7:50 a 7:55 am	1	1	2	1	1	0	0	
7:55 a 8:00 am	1	1	2	1	1	0	0	
SUB-TOTALES	11	12	23	11	11	13	13	
TOTALES hora 2	23		23	11	11	13	13	
Volumen Máximo en 5min de 1 hora	2			2		2		
Máxima Rata de Flujo e un periodo de 5 min	24			24		24		
Factor de la Hora Pico FHP	0,96			0,46		0,54		

4.4.1.3 Conteos Vehiculares Intersección SemafORIZADA La Pedregosa.

A continuación se muestra la Planilla P-2 de conteos en los accesos 1, 2 y 3. En el periodo de tiempo de 7:00 am a 8:00 am. En el Anexo 3 se encuentran las Planillas de conteos desde P-1 hasta P-39 correspondientes a todas las horas del día, en todos los accesos, donde se incluyen además los conteos de Maniobras de Estacionamientos en las Planillas P-40 y P-41, Buses y Vehículos Pesados desde la Planilla P-42 hasta P-47, número de Operaciones de Sube y Baja en las Planillas P-48 y P-49, finalizando con el número de Peatones que cruzan en cada acceso en las Planillas en las Planillas P-50 y P-51.

www.bdigital.ula.ve

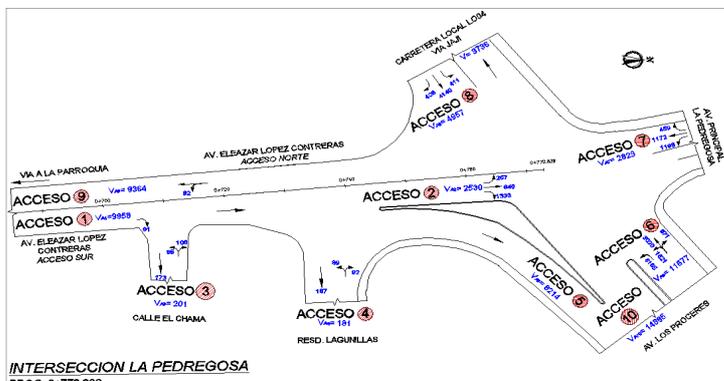
PLANILLA DE CONTEO VEHICULAR EN INTERSECCIONES
Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, MUNICIPIO LIBERTADOR ESTADO MERIDA

NOMBRE: INTERSECCION LA PEDREGOSA

PROGRESIVA :0+772.839

FECHA: 04/03/2015

HORA DE CONTEO: 6:30 am - 6:30 am



CROQUIS DE UBICACIÓN

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	PLANILLA P-2 NUMERO DE VEHICULOS DESDE CADA ACCESO													
	ACCESO 1		ACCESO 2						ACCESO 3					
	AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS SUR		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS						CALLE EL CHAMA					
	↑ HACIA LA PEDREGOS A	Vol. C/15 min	↶ HACIA JAJI	↑ HACIA LA PEDREGOSA	Vol. C/15 min	↑ HACIA LA PEDREGOS A	↷ HACIA AV. LOS PROCERES	Vol. C/15 min	↶ HACIA LA PARROQUIA	↷ HACIA LA PEDREGOSA	Vol. C/15 min	DESDE ACCESO NORTE HACIA CALLE EL CHAMA	DESDE ACCESO SUR HACIA CALLE EL CHAMA	Vol. C/15 min
7:00 a 7:05 am	64	181	1	3	11	1	2	13	1	1	2	1	1	2
7:05 a 7:10 am	68	205	2	2	13	3	2	14	1	1	4	0	0	2
7:10 a 7:15 am	73	216	2	3	13	3	3	16	1	2	4	0	1	2
7:15 a 7:20 am	75	217	2	2	13	2	3	15	1	1	4	0	1	4
7:20 a 7:25 am	69	212	2	2	11	2	2	13	1	1	3	1	2	3
7:25 a 7:30 am	68	205	1	2	12	2	2	12	0	1	2	0	0	2
7:30 a 7:35 am	68	199	2	3	12	2	2	13	1	0	2	0	0	0
7:35 a 7:40 am	63	193	2	2	13	2	3	14	2	1	2	0	0	0
7:40 a 7:45 am	62	189	1	3	12	3	2	14	1	1	3	1	0	1
7:45 a 7:50 am	64	188	2	2	11	2	2	13	0	1	2	2	1	1
7:50 a 7:55 am	62	190	1	2	12	2	2	13	0	0	2	1	0	1
7:55 a 8:00 am	64	190	2	3	10	3	2	11	1	1	2	1	0	1
SUB - TOTALES	800		20	29		27	27		10	11		7	6	
TOTALES hora 2	800		49			54			21			13		
Volumen Máximo en 15 min de 1 hora	217		13			16			4			4		
Máxima Rata de Flujo en un periodo de 15 min	868		52			64			16			16		
Factor de la Hora Pico FHP	0,92		0,94			0,84			1,31			0,81		

4.4.2 Determinación de Hora Pico y Hora Valle en las Intersecciones y Segmento de Vía.

La metodología de análisis tanto para las intersecciones como para el segmento de vía que se aplicaron en este estudio, requieren conocer cuáles son los volúmenes máximos de vehículos que pasan a través de las intersecciones y se desplazan por dicho segmento, para estos últimos se agruparon datos de los diferentes accesos a las intersecciones que limitan el tramo, con la finalidad de conocer los volúmenes máximos y mínimos por hora correspondientes a las diversas corrientes de tráfico que confluyen en una misma dirección de tránsito vehicular.

A continuación se muestran debidamente numeradas las tablas desde 4-1 hasta 4-5 contentivas de los volúmenes por hora, donde además fueron seleccionados los máximos y mínimos valores que indican la ocurrencia de la Hora Pico y Hora Valle.

4.4.2.1 Volúmenes por hora en la Intersección Sai – Sai.

Se presenta a continuación la Tabla N° 4-1 con los volúmenes en los accesos 1,2 y 3 de la Intersección Sai – Sai, del día de conteo y a su vez se resaltan los valores máximos y mínimos correspondientes a la Hora Pico y Hora Valle respectivamente.

**TABLA N° 4-1.
VOLUMEN DE VEHICULOS EN LA INTERSECCION LA SAI - SAI
PARA DETERMINACION DE HORA PICO Y HORA VALLE**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	VOLUMENES POR HORA ACCESO 1 AV. PRINCIPAL URB. LA MATA	VOLUMENES POR HORA ACCESO 2 AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE	VOLUMENES POR HORA ACCESO 3 AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR
6:30a7:00 am	217	244	82
7:00 a 8:00 am	438	602	440
8:00 a 9:00 am	431	577	400
9:00 a 10:00 am	419	568	377
10:00 a 11:00 am	366	511	322
11:00 a 12:00 m	413	582	352
12:00 a 1:00 pm	419	576	405
1:00 a 2:00 pm	409	574	408
2:00 a 3:00 pm	332	487	345
3:00 a 4:00 pm	389	595	363
4:00 a 5:00 pm	395	574	438
5:00 a 6:00 pm	428	614	471
6:00 a 6:30 pm	195	288	188

4.4.2.2 Volúmenes por hora en la Intersección La Pedregosa.

Se presentan a continuación la Tabla N° 4-2 con los volúmenes en los accesos 2, 5, 6, 7, 8 y 9 de la Intersección La Pedregosa, del día de conteo y a su vez se resaltan los valores máximos y mínimos correspondientes a la Hora Pico y Hora Valle respectivamente.

**TABLA N° 4-2.
VOLUMENES DE VEHICULOS EN LA INTERSECCION LA PEDREGOSA
PARA DETERMINACION DE HORA PICO Y HORA VALLE**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	VOLUMENES POR HORA ACCESO 2 AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	VOLUMENES POR HORA ACCESO 5 HACIA AV. LOS PROCERES	VOLUMENES POR HORA ACCESO 6 AV. LOS PROCERES	VOLUMENES POR HORA ACCESO 7 AV. PRINCIPAL LA PEDREGOSA	VOLUMENES POR HORA ACCESO 8 CARRETERA LOCAL LO04 VIA JAJI	VOLUMENES POR HORA ACCESO 9 AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS
6:30 a 7:00 am	37	246	315	82	65	256
7:00 a 8:00 am	103	681	802	210	180	646
8:00 a 9:00 am	76	658	775	170	165	606
9:00 a 10:00 am	66	584	701	151	158	561
10:00 a 11:00 am	55	526	638	126	132	502
11:00 a 12:00 m	67	639	733	159	159	583
12:00 a 1:00 pm	82	623	743	156	172	581
1:00 a 2:00 pm	81	597	724	154	171	584
2:00 a 3:00 pm	66	543	615	132	140	511
3:00 a 4:00 pm	84	597	732	158	181	547
4:00 a 5:00 pm	78	594	781	160	211	591
5:00 a 6:00 pm	96	682	849	161	221	653
6:00 a 6:30 pm	27	291	367	71	81	289

4.4.2.3 Volúmenes por hora en el Segmento de vía, Avenida Eleazar López Contreras.

En las siguientes Tablas 4-3, 4-4 y 4-5, se presentan los volúmenes de vehículos que se desplazan en ambos sentidos por la Avenida Eleazar López Contreras, por medio de las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa.

a. Intersección Sai – Sai.

En la Tabla 4-3 Se muestran los volúmenes que entran y salen de la Avenida Eleazar López Contreras utilizando la Intersección Sai – Sai, y donde se resaltan los valores máximos y mínimos.

**TABLA N° 4-3
VOLUMEN DE VEHICULOS QUE ENTRAN Y SALEN POR MEDIO DE
LA INTERSECCION SAI –SAI. PARA DETERMINACION DE HORA
PICO EN EL SEGMENTO DE VIA**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	ACCESO 1 + ACCESO 3 HACIA LA PEDREGOSA	ACCESO 2 HACIA LA PARROQUIA / LA MATA
6:30a7:00 am	254	244
7:00 a 8:00 am	752	602
8:00 a 9:00 am	723	577
9:00 a 10:00 am	683	568
10:00 a 11:00 am	578	511
11:00 a 12:00 m	656	582
12:00 a 1:00 pm	710	576
1:00 a 2:00 pm	709	574
2:00 a 3:00 pm	593	487
3:00 a 4:00 pm	650	595
4:00 a 5:00 pm	705	574
5:00 a 6:00 pm	751	614
6:00 a 6:30 pm	328	288

b. Intersección La Pedregosa.

Se muestra en la Tabla 4-4 los volúmenes que entran y salen de la Avenida Eleazar López Contreras mediante la Intersección La Pedregosa, y además se resaltan los valores máximos y mínimos.

**TABLA N° 4-4
VOLUMEN DE VEHICULOS QUE ENTRAN Y SALEN POR MEDIO DE LA
INTERSECCION LA PEDREGOSA. PARA DETERMINACION DE HORA
PICO EN EL SEGMENTO DE VIA**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	ACCESO 1 HACIA LA PEDREGOSA	ACCESO 9 HACIA LA PARROQUIA
6:30a7:00 am	273	256
7:00 a 8:00 am	800	646
8:00 a 9:00 am	767	606
9:00 a 10:00 am	717	561
10:00 a 11:00 am	620	502
11:00 a 12:00 m	694	583
12:00 a 1:00 pm	743	581
1:00 a 2:00 pm	748	584
2:00 a 3:00 pm	631	511
3:00 a 4:00 pm	689	547
4:00 a 5:00 pm	749	591
5:00 a 6:00 pm	796	653
6:00 a 6:30 pm	348	289

c. Segmento de vía, Avenida Eleazar López Contreras.

En la Tabla N° 4-5 se muestran los volúmenes que se desplazan a lo largo de la Avenida Eleazar López Contreras en ambas direcciones del tráfico, y se resaltan los valores máximos y mínimos.

**TABLA N° 4-5
VOLUMEN DE VEHICULOS QUE SE DESPLAZAN POR EL
SEGMENTO DE VIA, AVENIDA ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS
EN AMBAS DIRECCIONES DE TRAFICO.**

HORA DE CONTEO	SUBIENDO HACIA LA PEDREGOSA		BAJANDO HACIA LA PARROQUIA / LA MATA	
	INTERSECCION SAI -SAI ACCESO 1 + ACCESO 3	INTERSECCION LA PEDREGOSA ACCESO 1	INTERSECCION SAI -SAI ACCESO 2	INTERSECCION LA PEDREGOSA ACCESO 9
6:30a7:00 am	254	273	244	256
7:00 a 8:00 am	752	800	602	646
8:00 a 9:00 am	723	767	577	606
9:00 a 10:00 am	683	717	568	561
10:00 a 11:00 am	578	620	511	502
11:00 a 12:00 m	656	694	582	583
12:00 a 1:00 pm	710	743	576	581
1:00 a 2:00 pm	709	748	574	584
2:00 a 3:00 pm	593	631	487	511
3:00 a 4:00 pm	650	689	595	547
4:00 a 5:00 pm	705	749	574	591
5:00 a 6:00 pm	751	796	614	653
6:00 a 6:30 pm	328	348	288	289
TOTALES	8092	8575	6792	6910
HORA PICO DE LA MAÑANA 7:00 a 8:00 am	752	800	602	646
HORA PICO DE LA TARDE 5:00 a 6:00 pm	751	796	614	653
HORA VALLE DE LA MAÑANA 10:00 a 11:00 am	578	620	511	502
HORA VALLE DE LA TARDE 2:00 a 3:00 pm	593	631	487	511

Una vez procesados los datos de campo se obtuvieron para las distintas intersecciones, la hora de mayor afluencia de vehículos tanto en la mañana como en la tarde, como podemos observar la ocurrencia de la Hora Pico, en la mañana de 7 a 8 am, y en la tarde de 5:00 a 6:00 pm, lo cual se comprueba al analizar los datos en el segmento de vía, entre ambas intersecciones donde se genera el mismo resultado.

4.4.3 Definición de los 15 minutos de mayor y menor volumen, para medición de tiempo de recorrido en las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa.

Una vez conocida la hora de mayor volumen de vehículos es decir la Hora Pico tanto de la mañana como de la tarde, hace necesario comprobar en qué intervalo de 15 minutos de dicha hora ocurren los máximos volúmenes, y es allí donde las características del tráfico han sido más estables, para ello se acumularon en intervalos de 15 minutos los volúmenes correspondientes a una hora antes y una después de la Hora Pico. Es importante mencionar que solo se muestra el procedimiento para la hora pico de la mañana en la Intersección Sai - Sai, los valores correspondientes a la hora pico de la tarde y hora valle mañana y tarde para las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa se encuentran en el Anexo 4 como se especifica a continuación.

4.4.3.1 Volumen de vehículos por acceso, en hora pico y hora valle.

Se muestran los volúmenes obtenidos mediante conteos en la hora pico y hora valle, para definir los valores máximos y mínimos. En la Tabla N° 4-6, se presentan los volúmenes para la escogencia de la hora pico de la mañana en la Intersección Sai – Sai. En el Anexo 4 se encuentran las Tablas 4-6, 4-7, 4-8, 4-9, 4-10 y 4-11, de la hora pico de la tarde y hora valle mañana y tarde para las Intersecciones de los extremos.

**TABLA N° 4-6
VOLUMEN DE VEHICULOS EN LA INTERSECCION SAI - SAI
PARA DETERMINACION DE LOS 15 MINUTOS DE HORA PICO EN LA
MAÑANA**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	ACCESO 1		ACCESO 2		ACCESO 3	
	AV. PRINCIPAL URB. LA MATA		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR	
	 HACIA LA PEDREGOSA	 HACIA LA PARROQUIA	 HACIA LA PARROQUIA	 HACIA URB. LA MATA	 HACIA URB. LA MATA	 HACIA LA PEDREGOSA
7:00 a 7:05 am	31	4	11	35	5	29
7:05 a 7:10 am	34	5	13	36	6	30
7:10 a 7:15 am	36	6	14	39	7	32
7:15 a 7:20 am	37	7	15	41	9	33
7:20 a 7:25 am	34	6	14	40	7	32
7:25 a 7:30 am	33	5	14	39	7	31
7:30 a 7:35 am	32	4	10	38	6	31
7:35 a 7:40 am	30	3	11	38	4	30
7:40 a 7:45 am	29	4	12	36	5	29
7:45 a 7:50 am	30	4	11	38	4	31
7:50 a 7:55 am	29	2	10	39	7	29
7:55 a 8:00 am	30	3	11	37	6	30
8:00 a 8:05 am	31	5	11	38	6	27
8:05 a 8:10 am	30	4	12	37	5	29
8:10 a 8:15 am	33	2	10	39	5	30
8:15 a 8:20 am	30	4	12	39	4	29
8:20 a 8:25 am	33	4	14	37	5	27
8:25 a 8:30 am	32	3	11	36	5	28
8:30 a 8:35 am	32	4	14	34	4	32
8:35 a 8:40 am	30	4	12	35	6	27
8:40 a 8:45 am	35	3	10	36	5	29
8:45 a 8:50 am	35	4	11	37	5	28
8:50 a 8:55 am	32	3	10	36	6	30
8:55 a 9:00 am	33	5	10	36	7	21

4.4.3.2 Volumen de vehículos acumulados por acceso y por hora.

Se muestran en la Tabla N° 4-12 los valores acumulados, para definir exactamente la hora de mayor y menor volumen de vehículos en la intersección Sai - Sai. Solo se muestra el procedimiento para la hora pico de la mañana en la Intersección Sai - Sai, las Tablas numeradas progresivamente desde 4-12 a 4-17 correspondientes a la hora pico de la tarde y hora valle mañana y tarde para las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa se encuentran en el Anexo 4.

**TABLA N° 4-12
VOLUMEN DE VEHICULOS ACUMULADOS POR ACCESO Y POR HORA
(MAÑANA) INTERSECCION SAI - SAI**

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	ACCESO 1		ACCESO 2		ACCESO 3	
	AV. PRINCIPAL URB. LA MATA		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR	
						
	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA	HACIA LA PARROQUIA	HACIA URB. LA MATA	HACIA URB. LA MATA	HACIA LA PEDREGOSA
7:00 a 8:00 am	385	53	146	456	73	367
7:05 a 8:05 am	385	54	146	459	74	365
7:10 a 8:10 am	381	53	145	460	73	364
7:15 a 8:15 am	378	49	141	460	71	362
7:20 a 8:20 am	371	46	138	458	66	358
7:25 a 8:25 am	370	44	138	455	64	353
7:30 a 8:30 am	369	42	135	452	62	350
7:35 a 8:35 am	369	42	139	448	60	351
7:40 a 8:40 am	369	43	140	445	62	348
7:45 a 8:45 am	375	42	138	445	62	348
7:50 a 8:50 am	380	42	138	444	63	345
7:55 a 8:55 am	383	43	138	441	62	346
8:00 a 9:00 am	386	45	137	440	63	337

4.4.3.3 Definición de los 15 minutos de mayor volumen.

Una vez conocida la hora de mayor volumen de vehículos en la intersección, se procedió a la determinación de los 15 minutos donde las condiciones del tráfico sean más estables, es decir donde los valores sean máximos y mínimos. Solo se muestra el procedimiento para la hora pico de la mañana en la Intersección Sai – Sai en la Tabla 4-18, las Tablas numeradas progresivamente desde 4-18 a 4.-21 correspondientes a la hora pico de la tarde y hora valle mañana y tarde para las Intersecciones Sai – Sai y La Pedregosa se encuentran en el Anexo 4.

www.bdigital.ula.ve

TABLA N° 4-18
VOLUMEN DE VEHICULOS ACUMULADOS EN LA INTERSECCION
SAI - SAI EN PERIODOS DE 15 MINUTOS EN LA MAÑANA

PERIODO DE TIEMPO PARA EL CONTEO	ACCESO 1		ACCESO 2		ACCESO 3	
	AV. PRINCIPAL URB. LA MATA		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO NORTE		AV. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS ACCESO SUR	
						
	HACIA LA PEDREGOSA	HACIA LA PARROQUIA	HACIA LA PARROQUIA	HACIA URB. LA MATA	HACIA URB. LA MATA	HACIA LA PEDREGOSA
6:30 a 6:35 am	61	8	9	68	3	21
6:35 a 6:40 am	94	13	11	105	7	32
6:40 a 6:45 am	94	15	9	111	11	32
6:45 a 6:50 am	96	14	11	111	11	32
6:50 a 6:55 am	95	15	18	110	10	33
6:55 a 7:00 am	96	15	26	106	11	52
7:00 a 7:05 am	97	15	33	107	14	71
7:05 a 7:10 am	101	15	38	110	18	91
7:10 a 7:15 am	107	18	42	116	22	95
7:15 a 7:20 am	107	19	43	120	23	97
7:20 a 7:25 am	104	18	43	120	23	96
7:25 a 7:30 am	99	15	38	117	20	94
7:30 a 7:35 am	95	12	35	115	17	92
7:35 a 7:40 am	91	11	33	112	15	90
7:40 a 7:45 am	89	11	34	112	13	90
7:45 a 7:50 am	88	10	33	113	16	89
7:50 a 7:55 am	89	9	32	114	17	90
7:55 a 8:00 am	90	10	32	114	19	86
8:00 a 8:05 am	91	12	34	112	17	86
8:05 a 8:10 am	94	11	33	114	16	86
8:10 a 8:15 am	93	10	34	115	14	88
8:15 a 8:20 am	96	10	36	115	14	86
8:20 a 8:25 am	95	11	37	112	14	84
8:25 a 8:30 am	97	11	39	107	14	87
8:30 a 8:35 am	94	11	37	105	15	87
8:35 a 8:40 am	97	11	36	105	15	88
8:40 a 8:45 am	100	11	33	108	16	84
8:45 a 8:50 am	102	10	31	109	16	87
8:50 a 8:55 am	100	12	31	109	18	79
8:55 a 9:00 am	65	8	20	72	13	51
MAX VOLUMEN	107	19	43	120	23	97

Una vez procesados los datos de campo, con referencia en las Horas Pico y Valle de las Intersecciones extremas del segmento de vía analizado, se obtuvieron los 15 minutos durante los cuales se producen los mayores y menores volúmenes. Es importante recalcar que, en el presente estudio como se observa en las tablas presentadas, se tomaron los 15 minutos donde se generó la acumulación de gran cantidad de vehículos para realizar las medidas correspondientes a velocidad y la cola.

En resumen, se obtuvieron los siguientes periodos:

- Picos de Mayor Volumen referentes a la Hora Pico: En la Mañana de 7:05 a 7:20 am y en la Tarde de 5:35 a 5:50 pm.
- Picos de Menor Volumen referentes a la Hora Valle: En la Mañana de 10:25 a 10:40 am y en la Tarde de 2:35 a 2:50 pm.

4.4.4 Medición de Tiempos, Calculo de la Velocidad de Recorrido y Flujo Libre en el segmento de Av. Eleazar López Contreras para los vehículos que se desplazan en ambas direcciones en los periodos de tiempo determinados en el punto anterior.

Durante el procesamiento de datos podemos representar el comportamiento del tráfico en la zona permitiendo así establecer las características más importantes requeridas para este estudio. Conocida la hora pico tanto de la mañana como de la tarde y el periodo de 15 minutos de mayor y menor volumen de ocurrencia de la misma, se requiere determinar la velocidad de recorrido y flujo libre a la cual se desplazan los vehículos a través del segmento de vía en estudio. Conocido el tamaño de la muestra $N = 50$ vehículos, determinado en los pasos anteriores, se procedió a medir los tiempos de recorrido de los vehículos a través del segmento de vía, tanto en los 15 minutos de mayor volumen como en los 15 minutos de la hora valle, con lo que

podremos calcular la velocidad de recorrido y la velocidad de flujo libre en el segmento. Los cálculos se realizaron de manera tabulada, donde se especifica el tiempo en segundos que tarda un vehículo de la corriente de flujo, en recorrer en segmento de extremo a extremo; es decir, desde la Intersección Sai - Sai hacia la Intersección La Pedregosa o viceversa. Conocido el tiempo de recorrido y la longitud del tramo en metros, podemos determinar analíticamente la velocidad de recorrido y de flujo libre.

4.4.4.1 Velocidad de Recorrido en la Hora Pico y Velocidad de Flujo Libre en la Hora Valle, tanto en la Mañana como en la Tarde. Para la muestra calculada.

A continuación en la Tabla 4-22 se presentan tanto los datos como el cálculo de la velocidad, para la hora pico de la mañana de los vehículos que se desplazan desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa sentido subiendo, las Tablas numeradas progresivamente desde 4-22 hasta 4-29 correspondientes a la hora pico de la tarde para el mismo tramo y en ambas direcciones, se encuentran en el Anexo 4.

4.4.4.2 Distribución de Frecuencias para determinar Velocidad de Recorrido y Flujo Libre, requerida para la aplicación de Metodología de HCM Highway Capacity Manual 2010.

Es importante recordar que los valores obtenidos hasta el punto anterior son cuantitativos y por ser un conjunto muy grande, cuando se realiza un estudio de este tipo podemos obtener valores que se repitan más que otros, y es lo que conocemos como frecuencia. Para analizar estas frecuencias se agruparon en diversas categorías o intervalos de clase, realizándose lo que se conoce como una distribución de frecuencias, que permite obtener un mejor análisis del comportamiento de los datos dentro de un conjunto, pudiéndose llegar a conclusiones más acertadas acerca de su distribución.

A continuación se presentan en la Tabla 4-30 los datos requeridos para la conformación del histograma de frecuencias de la Tabla 4-31, y los valores calculados de las medidas de tendencia central que permiten la determinación del valor de velocidad correspondiente al Percentil 95, el cual es un dato requerido en la aplicación de la metodología se muestra en la Tabla 4-32.

Es importante recordar que solo se presenta las tabulaciones para la Velocidad de Recorrido y Velocidad de Flujo Libre en el tramo Intersección Sai – Sai – Intersección La Pedregosa, para la hora pico de la mañana de los vehículos que suben. Las Tablas correspondientes a la hora pico de la tarde y hora valle mañana y tarde para el mismo tramo y en ambas direcciones, se encuentran en el Anexo 4 y están numeradas progresivamente desde 4-30 hasta la 4-53.

**TABLA 4-30
DATOS PARA EL HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS
DE LAS VELOCIDADES**

NUMERO DE DATOS (n)	50,00
n/2 =	25,00
NUMERO DE CLASES "k"	6,64
	7,07
VALOR MINIMO	16,15
VALOR MAXIMO	33,23
RANGO	17,08
LONGITUD DEL INTERVALO "L"	2,44
TAMAÑO DE LA CLASE "L"	3,00

**TABLA 4-31
DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LAS VELOCIDADES**

k	LIMITE INFERIOR	MARCA DE CLASE (xi)	LIMITE SUPERIOR	FRECUENCIA (fi)	FRECUENCIA ACUMULADA (Fi)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA	xi * fi
1	14,65	16,15	17,65	3,00	3,00	6,00	6,00	48,45
2	17,65	19,15	20,65	28,00	31,00	56,00	62,00	536,19
3	20,65	22,15	23,65	14,00	45,00	28,00	90,00	310,09
4	23,65	25,15	26,65	1,00	46,00	2,00	92,00	25,15
5	26,65	28,15	29,65	2,00	48,00	4,00	96,00	56,30
6	29,65	31,15	32,65	1,00	49,00	2,00	98,00	31,15
7	32,65	34,15	35,65	1,00	50,00	2,00	100,00	34,15
				50,00		100,00		993,03

**TABLA 4-32
VELOCIDAD DE RECORRIDO. HORA PICO DE LA MAÑANA
PARA VEHICULOS QUE SUBEN**

MEDIA	19,86
MEDIANA	20,01
MODA	19,57
P(85) _i * n/100	42,50
P(85)	23,11

VELOCIDAD DE RECORRIDO

Al realizar el análisis completo, tanto de la hora pico como de la hora valle, se puede observar que existe una variación en la velocidad a la que se desplazan los vehículos a través del segmento de vía durante dichos periodos de tiempo, esta situación podría ser relativamente normal que ocurra puesto que es un comportamiento natural de los usuarios; sin embargo, las variaciones son grandes y cuando esto ocurre se produce la mayor congestión, dichos valores serán utilizados para el análisis de operación en la aplicación de la metodología del *HCM Highway Capacity Manual (2010)*⁵, mediante el cual se puede conocer analíticamente los factores que generan este fenómeno.

En la Tabla 4-51 que se muestra a continuación se reflejan los valores más importantes y concluyentes de este análisis de Frecuencias de Velocidad.

**TABLA 4-51
VELOCIDADES EN LA Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS
EN SENTIDO SUBIENDO Y BAJANDO**

TURNO	HORA PICO DE LA MAÑANA		HORA PICO DE LA TARDE		HORA VALLE DE LA MAÑANA		HORA VALLE DE LA TARDE	
	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN
DIRECCION DEL TRANSITO								
HORA	7:00 a 8:00 am	7:00 a 8:00 am	5:00 a 6:00 pm	5:00 a 6:00 pm	10:00 a 11:00 am	10:00 a 11:00 am	2:00 a 3:00 pm	2:00 a 3:00 pm
MEDIA	19,86	16,62	20,41	14,02	25,72	37,23	26,46	31,21
MEDIANA	20,01	16,95	20,65	13,72	28,69	38,14	30,07	32,72
MODA	19,57	17,45	20,38	12,94	28,32	38,55	30,48	35,24
VALOR MINIMO DE VELOCIDAD (Km/h)	16,15	13,20	16,82	11,05	24,57	21,79	25,98	25,38
VALOR MAXIMO DE VELOCIDAD (Km/h)	33,23	20,27	24,27	18,10	32,43	40,13	34,65	36,52
VELOCIDAD (Km/h) PERCENTIL 85	23,11	18,27	22,03	15,92	31,52	40,78	33,36	35,77

Al tener presente las recomendaciones de diseño vial y normativas vigentes, en cuanto a la análisis realizado, el Manual de Vialidad Urbana (1981)¹² recomienda para la velocidad de diseño 60 Km/h en arteriales urbanas. Como se puede observar las velocidades obtenidas en campo, están muy por debajo de la misma. A continuación en la Tabla 4-52 se presenta porcentualmente la comparación de velocidades del Manual con las velocidades obtenidas en el análisis, análogamente pero solo para las velocidades de Flujo Libre obtenidas en campo se presenta la diferencia porcentual.

**TABLA 4-52
PORCENTAJE DE DISMINUCION DE VELOCIDAD EN CAMPO CON
RESPECTO A LA VELOCIDAD DE DISEÑO RECOMENDADA DE 60 Km/h EN
LA Av. ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS EN SENTIDO SUBIENDO Y
BAJANDO**

TURNO	HORA PICO DE LA MAÑANA		HORA PICO DE LA TARDE		HORA VALLE DE LA MAÑANA		HORA VALLE DE LA TARDE	
	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN	SUBEN	BAJAN
DIRECCION DEL TRANSITO								
VELOCIDAD (Km/h) PERCENTIL 85	23,11	18,27	22,03	15,92	31,52	40,78	33,36	35,77
PORCENTAJE DE DISMINUCION (%)	61,48	69,56	63,28	73,47	47,47	32,03	44,40	40,38
PORCENTAJE DE DISMINUCION DE VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE RESPECTO A LA VELOCIDAD DE RECORRIDO (%)					26,67	55,21	33,96	55,49

4.4.5 Medición de Colas en los accesos a las intersecciones Sai - Sai y La Pedregosa.

De acuerdo a las observaciones en campo, las principales arterias viales que se conectan y distribuyen el tráfico hacia la Avenida Eleazar López Contreras, y que a su vez acarrear los mayores problemas de congestión son las avenidas Los Próceres y Principal de la Urb. La Mata, es por ello que se

amerita la medición de las colas, es importante tener claro que, las intersecciones entre dichas avenidas operan de manera muy diferente por ser semaforizada y No semaforizada respectivamente. En cuanto a la longitud de cola se tabularon el número de vehículos afectados por la misma cuya velocidad era menor de 10km/h, en los 15 minutos de mayor volumen en la Hora Pico en que se genere.

En la Intersección Sai - Sai, por ser una intersección no semaforizada, se realizó la tabulación del número de vehículos que se encontraban en el acceso, desde la sede de la Guardia Nacional Bolivariana hasta la intersección; y en la Intersección La Pedregosa, por ser semaforizada se tabuló el número de vehículos que encontraban en la cola a partir de la fase roja del semáforo o que no pudieron ser desalojados por la fase verde, hasta el retorno del Cementerio La Inmaculada donde por previas observaciones de campo, las velocidades de los vehículos son menores y además está dentro del área de influencia para los límites de este estudio. A continuación se presentan la Tabla 4-53 correspondiente a la medición de las colas.

**TABLA 4-53
MEDICION DE LONGITUD DE COLA EN LOS ACCESOS A LA Av. ELEAZAR LOPEZ
CONTRERAS EN LOS 15 MINUTOS DE LA HORA PICO**

ACCESO	INCIO DE LA COLA	FIN DE LA COLA	DISTANCIA (m)	HORA DE MAYOR COLA	TIEMPO QUE TARDA UN VEHICULO PARA DESALOJAR LA COLA	VELOCIDAD DE RECORRIDO (Km/h)
Av. PRINCIPAL URB. LA MATA SENTIDO HACIA LA PEDREGOSA	SEDE GUARDIA NACIONAL	INTERSECCION SAI - SAI	428	7:00 a 8:00 am	6,30	4,08
Av. LOS PROCERES SENTIDO HACIA LA PARROQUIA	RETORNO CEMENTERIO LA INMACULADA	INTERSECCION LA PEDREGOSA	396	5:00 a 6:00 pm	5,05	4,70

4.4.6 Medición de Tiempos de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.

La intersección SemafORIZADA La Pedregosa posee cuatro semáforos de tiempo fijo ubicados según la Figura 4.4.6-1, tienen la finalidad de controlar el paso de los vehículos de las diversas corrientes de tráfico a través de la intersección en las fases indicadas. Para este estudio se les asignó la siguiente nomenclatura:

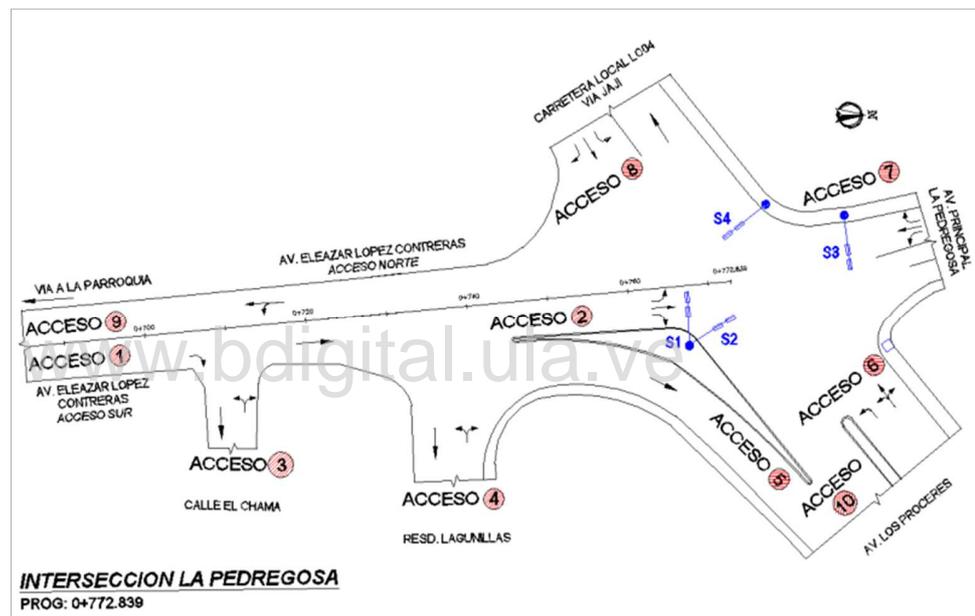


Figura 4.4.6-1 Ubicación y Nomenclatura de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa

S1: Semáforo que controla el tráfico proveniente de la Avenida Eleazar López Contreras hacia la Avenida La Pedregosa y Carretera Local L004.

S2: Semáforo que controla el tráfico proveniente de la Carretera Local L004 hacia las Avenidas La Pedregosa, Los Próceres y Eleazar López Contreras.

S3: Semáforo que controla el tráfico proveniente de la Avenida La Pedregosa hacia las Avenidas Los Próceres, Eleazar López Contreras y Carretera Local L004.

S4: Semáforo que controla el tráfico proveniente de la Avenida Los Próceres hacia la Avenidas Eleazar López Contreras, Carretera Local L004 y La Pedregosa.

A continuación se muestran en la Figura 4.4.6-2, los tiempos en segundos de cada fase y del ciclo que actualmente opera en la intersección La Pedregosa.

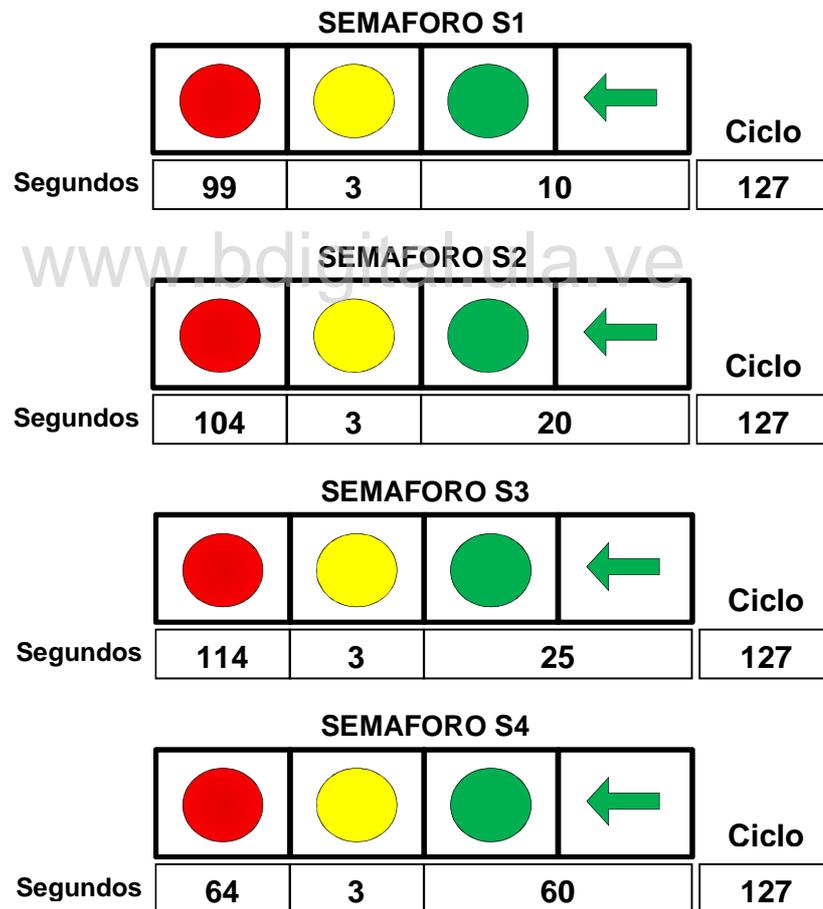


Figura 4.4.6-2 Tiempo en segundos de cada fase y del ciclo

En la Figura 4.4.6-3 se puede observar cómo está configurada cada fase y cuál es la sincronización de cada uno de los semáforos.

SINCRONIZACION DE LAS FASES DEL SEMÁFORO

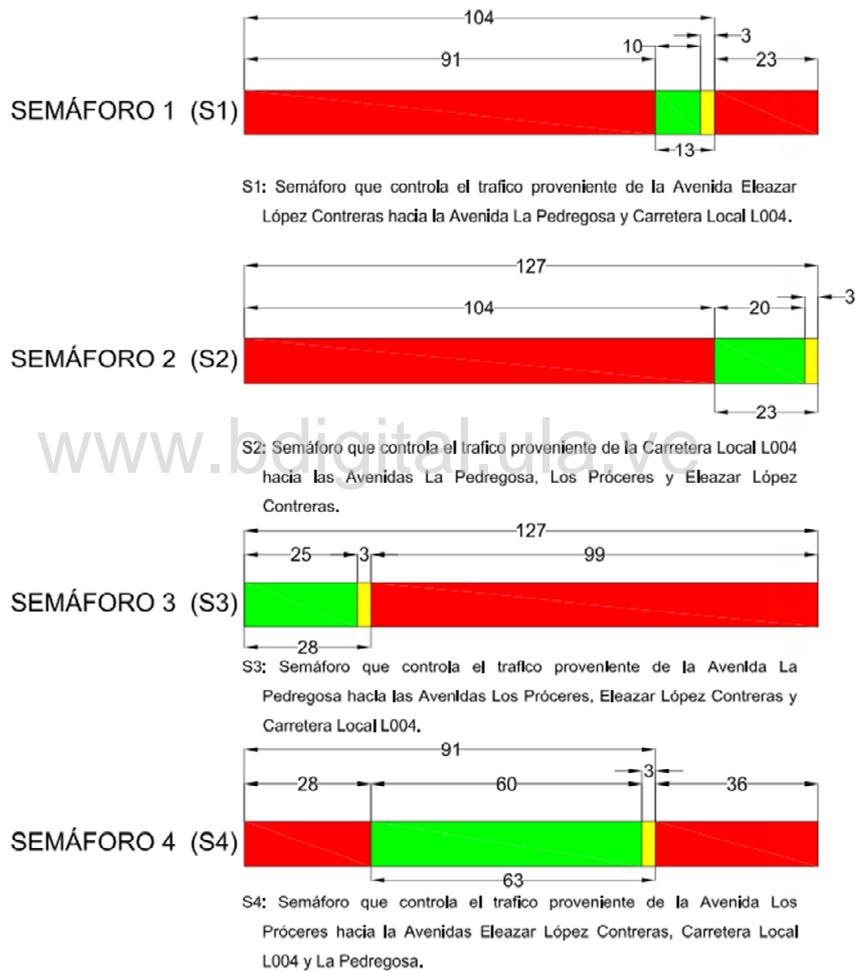


Figura 4.4.6-3 Configuración de las Fases y Sincronización de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa

4.4.7 Aplicación y análisis de Metodología del Manual HCM Highway Capacity Manual (2010)⁵ en las condiciones actuales de la Avenida Eleazar López Contreras desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa incluyendo la Intersección La Linda – La Floresta, durante las horas pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am y de la Tarde 5:00 a 6:00 pm, mediante el uso del software Synchro 8.

Para la aplicación de la metodología es necesario conocer los datos que se han venido mostrando y calculando en los puntos anteriores, de esta manera se obtuvieron los requerimientos a ser utilizados durante el proceso de modelado mediante la utilización del software Synchro 8.0.

Este modelo de simulación nos permite complementar el estudio de tránsito vehicular al reproducir en forma muy aproximada a la realidad la situación actual, para hacer un diagnóstico confiable bajo las condiciones de todo el segmento. A continuación se presenta el desarrollo de la aplicación de la metodología en el software.

- Se muestra en las Tablas N° 4-54, 4-55 y 4-56 los volúmenes de vehículos por acceso en la Intersecciones Sai – Sai, provenientes de los conteos realizados, que serán utilizados en el software para aplicar la metodología.
- Una vez incluidos al software los valores tanto de los volúmenes como demás datos necesarios de geometría y parámetros del tráfico, se muestra a continuación en las Figuras 4.4.7-1 y 4.4.7.2, 4.4.7-3 y 4.4.7-4, 4.4.7-5 y 4.4.7-6, la visualización de los volúmenes de tráfico en las intersecciones para la Hora Pico de la Mañana 7:00 a 8:00 am y Tarde 5:00 a 6:00 pm.

Tabla N° 4-54
VOLUMEN POR ACCESO PARA MODELAR INTERSECCIÓN SAI -SAI

Hora	Periodo 15 Min Pico	Volumen por Acceso para Modelar Intersección Sai - Sai					
		Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
Distribución de Accesos		Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Urb. La Mata	Hacia Urb. La Mata	Hacia La Pedregosa
		↶	↷	↕	↷	↶	↕
7:00 a 8:00 am	7:05 a 7:20 am	385	53	146	456	73	367
5:00 a 6:00 am	5:35 a 5:50 am	385	43	163	451	105	366
Total Mañana		385	53	146	456	73	367
Total Mañana		385	53	163	451	73	366



Figura 4.4.7-1
Volúmenes Hora Pico de la Mañana



Figura 4.4.7-2
Volúmenes Hora Pico de la Tarde

TABLA N° 4-55
VOLUMEN POR ACCESO PARA MODELAR INTERSECCIÓN LA PEDREGOSA

Hora	Periodo 15 Min Pico	Volumen por Acceso para Modelar Intersección La Pedregosa															
		Acceso 2				Acceso 5	Acceso 6				Acceso 7			Acceso 8			
Distribución de Accesos		Hacia Jaji	Hacia La Pedregosa	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Jaji	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia Jaji	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia
		↶	↑	↑	↷	↑	↶	↶	↑	↷	↑	↑	↷	↶	↑	↑	↷
7:00 a 8:00	7:05 a 7:20 am	20	29	27	27	681	382	110	219	91	60	106	44	28	64	60	28
5:00 a 6:00	5:35 a 5:50 am	20	29	24	23	682	406	125	233	85	43	75	43	33	83	74	31
Total Mañana		20	56			708	492		219	91	60	106	44	28	124		28
Total Mañana		20	53			705	531		233	85	43	75	43	33	155		31

www.bdigital.ula.ve

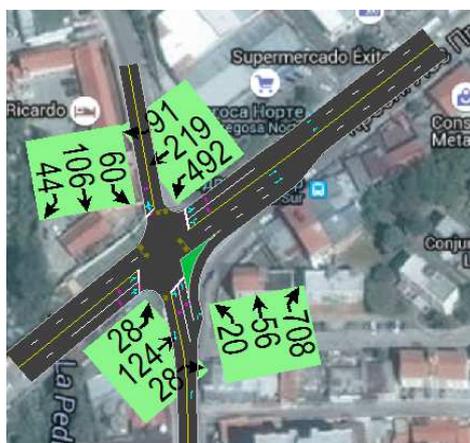


Figura 4.4.7-3
Volúmenes Hora Pico de la Mañana



Figura 4.4.7-4
Volúmenes Hora Pico de la Tarde

TABLA N° 4-56
VOLUMEN POR ACCESO PARA MODELAR
INTERSECCIÓN LA LINDA – LA FLORESTA

Hora	Período 15 Min Pico	Volumen por Acceso para Modelar Intersección La Linda					
		Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
Distribución de Accesos		Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Linda	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Linda
							
7:00 a 8:00 am	7:05 a 7:20 am	11	12	11	740	626	13
5:00 a 6:00 am	5:35 a 5:50 am	18	16	19	732	640	20
Total Mañana		11	12	11	740	626	13
Total Mañana		18	16	19	732	640	20
Hora	Período 15 Min Pico	Volumen por Acceso para Modelar Intersección La Floresta					
		Acceso 5		Acceso 4		Acceso 6	
Distribución de Accesos		Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Pedregosa	Hacia La Floresta	Hacia La Parroquia	Hacia La Floresta
							
7:00 a 8:00 am	7:05 a 7:20 am	16	15	732	17	610	16
5:00 a 6:00 am	5:35 a 5:50 am	16	12	733	19	625	14
Total Mañana		16	15	732	17	610	16
Total Mañana		16	12	733	19	625	14



Figura 4.4.7-5
Volúmenes Hora Pico de la Mañana



Figura 4.4.7-6
Volúmenes Hora Pico de la Tarde

Con la finalidad de tener una idea más clara sobre la manera en que se modeló el segmento de vía en estudio correspondiente a la Avenida Eleazar López Contreras, se presentan a continuación en las Figuras 4.4.7-7 y 4.4.7-8 la visualización de los mismos en la Hora Pico de la Mañana 7:00 a 8:00 am y Tarde 5:00 a 6:00 pm.



Figura 4.4.7-7 Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras Hora Pico de la Mañana 7:00 a 8:00 am



Figura 4.4.7-8 Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Tarde 5:00 a 6:00 pm

Una vez realizado el estudio de la situación actual cumpliendo con los parámetros establecidos por la metodología, a continuación se presentan las Figuras desde la 4.4.7-9 a 4.4.7-13 con los resultados obtenidos de la utilización del software Synchro 8, para la Hora Pico de la mañana de 7:00 a 8:00 am. Es importante tener en cuenta que tanto éstos resultados y los de la Hora Pico de la Tarde se encuentran en el Anexo 5.

www.bdigital.ula.ve

Lanes, Volumes, Timings

3:

27-01-2016

												
Lane Group	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lane Configurations												
Volume (vph)	20	56	708	60	106	44	28	124	28	492	219	91
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		15%			-5%			4%			-4%	
Storage Length (m)	0.0		10.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		1	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Ped Bike Factor		0.95			0.93			1.00				
Frt			0.850		0.969			0.975			0.983	
Flt Protected		0.988			0.966			0.993			0.970	
Satd. Flow (prot)	0	2647	880	0	1513	0	0	2865	0	0	2894	0
Flt Permitted		0.988			0.966			0.993			0.970	
Satd. Flow (perm)	0	2511	880	0	1513	0	0	2853	0	0	2894	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)			732		11			16			15	
Link Speed (km/h)		30			25			30			30	
Link Distance (m)		44.1			71.2			69.1			61.8	
Travel Time (s)		5.3			10.3			8.3			7.4	
Confl. Peds. (#/hr)	129					133	24					
Peak Hour Factor	0.94	0.84	0.96	0.88	0.88	0.79	0.88	0.84	0.78	0.91	0.90	0.91
Heavy Vehicles (%)	7%	4%	16%	5%	2%	2%	12%	8%	2%	12%	5%	4%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	17	0	0	0	0	0	7	0	0	13
Parking (#/hr)			17					7				
Adj. Flow (vph)	21	67	738	68	120	56	32	148	36	541	243	100
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	88	738	0	244	0	0	216	0	0	864	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No						
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.37	1.37	1.76	1.11	1.11	1.11	1.17	1.17	1.17	1.12	1.12	1.12
Turning Speed (km/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Split	NA	Perm	Split	NA		Split	NA		Split	NA	
Protected Phases	1	1		2	2		3	3		4	4	
Permitted Phases			1									
Minimum Split (s)	13.0	13.0	13.0	28.0	28.0		20.0	20.0		20.0	20.0	
Total Split (s)	13.0	13.0	13.0	28.0	28.0		23.0	23.0		63.0	63.0	
Total Split (%)	10.2%	10.2%	10.2%	22.0%	22.0%		18.1%	18.1%		49.6%	49.6%	
Maximum Green (s)	10.0	10.0	10.0	25.0	25.0		20.0	20.0		60.0	60.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		3.0	3.0		3.0			3.0			3.0	
Lead/Lag	Lead	Lead	Lead	Lag	Lag		Lead	Lead		Lag	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
Walk Time (s)				5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0	
Flash Dont Walk (s)				11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0	
Pedestrian Calls (#/hr)				0	0		0	0		0	0	
Act Effect Green (s)		10.0	10.0		25.0			20.0			60.0	

Figura 4.4.7-9 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings

3:

27-01-2016

Lane Group	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Actuated g/C Ratio		0.08	0.08		0.20			0.16				0.47
v/c Ratio		0.42	0.99		0.79			0.46				0.64
Control Delay		62.4	35.6		65.9			48.6				27.6
Queue Delay		0.0	0.0		0.0			0.0				0.0
Total Delay		62.4	35.6		65.9			48.6				27.6
LOS		E	D		E			D				C
Approach Delay		38.5			65.9			48.6				27.6
Approach LOS		D			E			D				C
Stops (vph)		70	17		182			149				582
Fuel Used(l)		8	56		14			9				36
CO Emissions (g/hr)		155	1035		251			175				659
NOx Emissions (g/hr)		30	201		49			34				128
VOC Emissions (g/hr)		36	240		58			41				153
Dilemma Vehicles (#)		0	0		0			0				0
Queue Length 50th (m)		11.8	1.5		59.2			25.4				89.1
Queue Length 95th (m)		19.6	#87.7		#97.1			35.8				112.2
Internal Link Dist (m)		20.1			47.2			45.1				37.8
Turn Bay Length (m)			10.0									
Base Capacity (vph)		208	744		307			465				1375
Starvation Cap Reductn		0	0		0			0				0
Spillback Cap Reductn		0	0		0			0				0
Storage Cap Reductn		0	0		0			0				0
Reduced v/c Ratio		0.42	0.99		0.79			0.46				0.64
Intersection Summary												
Area Type: CBD												
Cycle Length: 127												
Actuated Cycle Length: 127												
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:SBTL and 6., Start of Green												
Natural Cycle: 95												
Control Type: Pretimed												
Maximum v/c Ratio: 0.99												
Intersection Signal Delay: 38.1												
Intersection LOS: D												
Intersection Capacity Utilization 78.7%												
ICU Level of Service D												
Analysis Period (min) 15												
# 95th percentile volume exceeds capacity. queue may be longer.												
Queue shown is maximum after two cycles.												
Splits and Phases: 3:												

Figura 4.4.7-10 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings
9:

27-01-2016

						
Lane Group	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations						 
Volume (vph)	16	15	732	17	16	610
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)	0%		3%			0%
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95
Fit	0.936		0.850			
Fit Protected	0.974				0.999	
Satd. Flow (prot)	1698		0	1613	1560	0
Fit Permitted	0.974				0.999	
Satd. Flow (perm)	1698		0	1613	1560	0
Link Speed (k/h)	30		30		50	
Link Distance (m)	136.2		33.9		37.1	
Travel Time (s)	16.3		4.1		2.7	
Peak Hour Factor	0.86	0.86	0.67	0.67	0.67	0.67
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	16%	2%	2%	12%
Adj. Flow (vph)	19	17	1093	25	24	910
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	36	0	1093	25	0	934
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Right	Left	Left
Median Width(m)	3.6		0.0		0.0	
Link Offset(m)	0.0		0.0		0.0	
Crosswalk Width(m)	4.8		4.8		4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	1.00	1.00
Turning Speed (k/h)	25	15		15	25	
Sign Control	Stop		Yield		Yield	
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	48.5%			ICU Level of Service A		
Analysis Period (min)	15					

Figura 4.4.7-11 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings
11:

27-01-2016

						
Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	11	12	11	740	626	13
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)	0%			3%	-3%	
Storage Length (m)	0.0	0.0	15.0			0.0
Storage Lanes	1	0	1			1
Taper Length (m)	7.5		7.5			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt	0.930					0.850
Flt Protected	0.977		0.950			
Satd. Flow (prot)	1693	0	1743	1613	1722	1607
Flt Permitted	0.977		0.950			
Satd. Flow (perm)	1693	0	1743	1613	1722	1607
Link Speed (k/h)	30			30	30	
Link Distance (m)	142.7			45.9	33.9	
Travel Time (s)	17.1			5.5	4.1	
Peak Hour Factor	0.90	0.90	0.46	0.53	0.56	0.56
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	2%	16%	12%	2%
Adj. Flow (vph)	12	13	24	1396	1118	23
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	25	0	24	1396	1118	23
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Left	Left	Right
Median Width(m)	3.8			3.8	3.6	
Link Offset(m)	0.0			0.0	0.0	
Crosswalk Width(m)	4.8			4.8	4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	0.98	0.98
Turning Speed (k/h)	25	15	25			15
Sign Control	Stop			Yield	Yield	
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	48.9%			ICU Level of Service A		
Analysis Period (min)	15					

Figura 4.4.7-12 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings
15:

27-01-2016

Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	385	53	73	367	146	456
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)	0%			3%	-3%	
Storage Length (m)	0.0	0.0	25.0			20.0
Storage Lanes	1	0	0			0
Taper Length (m)	7.5		7.5			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fit	0.981				0.901	
Fit Protected	0.959			0.991		
Satd. Flow (prot)	1613	0	0	1614	1570	0
Fit Permitted	0.959			0.991		
Satd. Flow (perm)	1613	0	0	1614	1570	0
Link Speed (k/h)	30			30	30	
Link Distance (m)	323.1			145.7	74.2	
Travel Time (s)	38.8			17.5	8.9	
Peak Hour Factor	0.92	0.78	0.85	0.95	0.85	0.95
Heavy Vehicles (%)	10%	10%	10%	16%	7%	12%
Adj. Flow (vph)	418	68	86	386	172	480
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	486	0	0	472	652	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Left	Left	Right
Median Width(m)	3.6			0.0	0.0	
Link Offset(m)	0.0			0.0	0.0	
Crosswalk Width(m)	4.8			4.8	4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	0.98	0.98
Turning Speed (k/h)	25	15	25			15
Sign Control	Stop			Yield	Yield	
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	93.7%			ICU Level of Service F		
Analysis Period (min)	15					

Figura 4.4.7-13 Visualización de los Resultados Segmento de Vía Avenida Eleazar López Contreras. Hora Pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am

Una vez obtenidos dichos resultados se muestra a continuación en las Tablas N° 4-57 a la N° 4-60, un resumen del Nivel de Servicio LOS obtenido para cada Intersección y el factor ICU que proporciona una referencia generalizada de la intersección sobre cómo está funcionando y cuanta capacidad extra queda disponible para manejar las fluctuaciones del tráfico y posibles incidentes no previstos.

TABLA N° 4-57

Hora	Nivel de Servicio LOS Intersección Sai - Sai					
	Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Urb. La Mata	Hacia Urb. La Mata	Hacia La Pedregosa
						
7:00 a 8:00 am	F					
ICU	93.70 %					
5:00 a 6:00 pm	F					
ICU	96.10 %					

TABLA N° 4-58

Hora	Nivel de Servicio LOS por Acceso para la Intersección Semaforzada La Pedregosa														
	Acceso 2				Acceso 5	Acceso 6				Acceso 7			Acceso 8		
Distribución de Accesos	Hacia Jají	Hacia La Pedregosa	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Jají	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia Jají	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia
7:00 a 8:00 am	E				D	C				E			D		
LOS de la Intersección	D														
ICU	78.7 %														
5:00 a 6:00 pm	E				F	C				E			D		
LOS de la Intersección	F														
ICU	78.80 %														

www.bdigital.ula.ve

TABLA N° 4-59

Hora	Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Linda					
	Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Linda	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Linda
7:00 a 8:00 am	F					
ICU	48.50 %					
5:00 a 6:00 pm	F					
ICU	48.50 %					

TABLA N° 4-60

Hora	Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Floresta					
	Acceso 5		Acceso 4		Acceso 6	
Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Pedregosa	Hacia La Floresta	Hacia La Parroquia	Hacia La Floresta
						
7:00 a 8:00 am	F					
ICU	48.90%					
5:00 a 6:00 pm	F					
ICU	48.60 %					

Una vez realizado en análisis de los resultados obtenidos mediante el modelado de segmento de vía durante los 15 minutos de la hora pico de la mañana y de la tarde, con la finalidad de conocer y poner en evidencia los problemas de funcionamiento y operación que actualmente se presentan en la vía, se puede decir lo siguiente:

- En el extremo donde inicia el tramo está ubicada la Intersección Sai – Sai; allí funciona un sistema no coordinado de señales que limitan las maniobras, ya que el control de flujo de vehículos de los accesos está determinado por varios factores de operación, pericia y rendimiento de los usuarios así como también del tipo de vehículos y su función, además de la dirección de las corrientes de flujo, aunado a todo esto se tiene el comportamiento anárquico de los usuarios de la vía y la no penalización por parte de las autoridades competentes.
- Otro factor de gran importancia es el roce que se genera entre la circulación del transporte público con la corriente vehicular,

debido a las condiciones de infraestructura vial a lo largo del tramo donde existen paradas de transporte público señalizadas y no señalizadas, algunas sobre los canales de circulación y otras con la bahía de parada reglamentaria, así como también estacionamiento de vehículos en los canales u hombrillos cuyos usuarios realizan actividades comerciales o de recreación, además y se deben considerar las intersecciones inmersas en el tramo que causan interacción entre las corrientes vehiculares que se desplazan a lo largo del tramo.

- Los Niveles de Servicio obtenidos, mostrados en las Tablas 4-57, 4-58, 4-59 y 4-60, dan clara evidencia de que la capacidad de la vía no logra satisfacer la demanda, generando conflictos de operación y congestión vehicular. En las intersecciones se obtuvieron valores realmente alarmantes de operación para este tipo de vía, lo cual genera reducción en la velocidad de recorrido, formación de colas, dificultad de maniobra entre las corrientes vehiculares, así como otros factores que son percibidos directamente por los usuarios. También se puede observar en los resultados, la determinación del Factor de Utilización de la Capacidad en la Intersección ICU, el cual refleja cómo está operando cada una de las intersecciones con respecto a su capacidad, y a su vez permite conocer qué porcentaje de la intersección queda disponible para operar las fluctuaciones del tráfico y posibles ocurrencias no previstas, sin embargo este parámetro no será utilizado para definir el Nivel de Servicio LOS en el presente estudio, ya que el mismo no refleja el funcionamiento de las intersecciones conjuntamente con el segmento de vía.

- Otro de los parámetros que se pudo conocer es la acumulación de vehículos en cola en los accesos, como ya se dijo con anterioridad la Avenida Eleazar López Contreras es considerada un segmento corto y la demanda es mayor que su capacidad. Analizando los resultados tenemos que: al inicio del tramo en la intersección Sai - Sai, el mayor volumen de vehículos proviene del acceso de la Urb. La Mata, este flujo es casi continuo exceptuando las brechas de paso donde acceden las demás corrientes vehiculares, ocasionando las colas y congestión, de manera similar ocurre en el otro extremo del segmento, en la Intersección La Pedregosa con la diferencia que es una intersección semaforizada de mayor capacidad, dando lugar a un gran número de vehículos que desean ingresar al segmento de vía en estudio, debiendo esperar su turno hacerlo conformando colas y generando congestión.
- Durante el análisis se pudo constatar que el tiempo del ciclo del semáforo de 127 segundos, está un poco por encima del límite establecido por las normativas y recomendaciones de 120 segundos y allí ocurre una situación muy particular, donde el acceso de la Av. Los Próceres de hecho el que posee más flujo vehicular, tiene el mayor tiempo de fase verde de todo el ciclo, correspondiente a 60 segundos. Cuando en este tiempo se le permite el acceso a la Avenida Eleazar López Contreras, de un volumen de vehículos para el cual no tiene la capacidad necesaria de albergar y darle desalojo, donde adicionalmente llega el volumen proveniente de otros accesos, entonces comienza la formación de colas y aparece el fenómeno de congestión.

Todas estas situaciones dan lugar a la presencia de una demanda insatisfecha debida entre varios factores a un uso deficiente de todo el conjunto, lo lógico sería que los pelotones de vehículos formados en las intersecciones puedan acceder a la avenida y ser dispersados en el menor tiempo posible.

Analizando los resultados obtenidos mediante el estudio en la relación de volumen/capacidad conjuntamente con la demora que a su está relacionada con el Nivel de Servicio, podemos expresar que donde la demora es alta el Nivel de Servicio es bajo, incluso cuando la relación de volumen a la capacidad es baja. De acuerdo con la metodología y las especificaciones del Manual, cuando esto sucede, la situación es causada probablemente por una deficiente coordinación del ciclo en la intersección semaforizada, bien sea por una mayor duración en la longitud de una fase en particular o la ineficiente eliminación de tiempo en las fases, también cuando las condiciones geométricas y topográficas en ambas intersecciones no cumplen con la normativa o deben ajustarse a las condiciones de la zona.

En función del análisis realizado se plantea el estudio de diferentes propuestas conceptuales de posibles soluciones, en la que se puedan implementar medidas de bajo costo que logren optimizar el Nivel de Servicio LOS actual.

CAPÍTULO 5

PRESENTACION Y ANALISIS DE PROPUESTAS CONCEPTUALES UTILIZANDO MEDIDAS DE BAJO COSTO

5.1 **Consideraciones Generales**

Para realizar el análisis del segmento de vía objeto de este estudio, nos apoyamos en métodos y procedimientos que permiten descifrar características, causas y consecuencias que afectan el flujo de tránsito bajo las condiciones reinantes en la zona.

De esta manera se pudieron procesar una serie de datos de campo obteniendo resultados que dan a conocer las condiciones actuales del tráfico, y a partir de las cuales nos permitirán tomar decisiones basadas en la escogencia de la Propuesta Conceptual que mejor se adapte al entorno y que pueda ser ejecutada mediante mejoras de bajo costo, que es el objetivo principal de este estudio.

Una vez sean examinados los resultados obtenidos a través del modelado y análisis del segmento de vía conjuntamente con las intersecciones involucradas mediante la utilización del software Synchro 8, se deben generar propuestas conceptuales para ser analizadas y de las cuales se seleccionará la mejor desde el punto de vista de operación en función de los resultados obtenidos, que sea de bajo costo y funcional aportando beneficios y mejoras a la situación actual del tráfico y por ende la calidad de vida de los usuarios.

5.2 **Presentación de Propuestas Conceptuales de Medidas de Bajo Costo.**

La Avenida Eleazar López Contreras, puede ser mejorada mediante la aplicación de medidas de bajo costo, es decir que puedan ser ejecutadas con la menor inversión posible, que a su vez pueda ponerse en servicio

rápidamente, que durante su construcción no causen interferencia con el tráfico y lo más importante es que sean efectivas para optimizar el nivel de servicio. Para ello a continuación se presentan las propuestas de mejoras físicas en la infraestructura existente, para ser analizadas y de las cuales se debe escoger la mejor.

Dado que se despliegan muchas ideas de posibles soluciones de acuerdo a las expectativas y necesidades de los usuarios de la vía, es importante resaltar que se plantearon y analizaron varias propuestas conceptuales de las cuales se escogieron tres (03), basados en las condiciones actuales de infraestructura vial en cuanto a factibilidad de servicio, construcción y afectación. Dichas propuestas serán analizadas en las horas pico preestablecidas.

www.bdigital.ula.ve

5.2.1 Propuesta N° 01.

Consiste en mantener las condiciones existentes en el segmento de vía de la Avenida Eleazar López Contreras, mejorar la Geometría de la Intersección Sai - Sai sin intervención de zonas adyacentes, generar la canalización de los giros a la izquierda tanto desde la Av. Eleazar López Contreras con destino hacia La Parroquia, como desde el Enlace La Parroquia con destino a la Urb. La Mata como se muestra en la Figura 5.2.1-1, también se contempla la optimización del tiempo del ciclo y fases de los semáforos en la Intersección La Pedregosa y la colocación de un semáforo de tiempo fijo en la Intersección Sai - Sai.

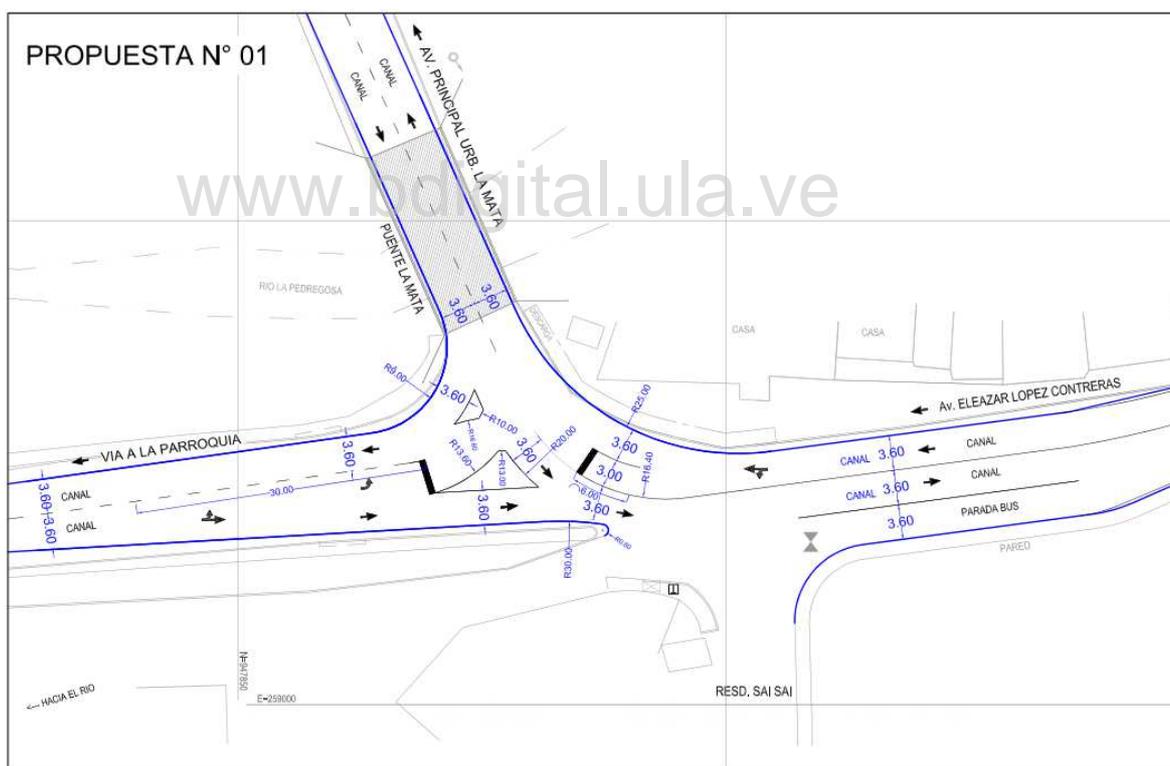


Figura 5.2.1-1 Esquema de Propuesta N° 01.
Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai

Dicha propuesta consiste en la geometrización de la vía y sus intersecciones como se muestra en la Figura 5.2.1-1, definición de todos los canales con las dimensiones mínimas que indican las normas de diseño vial, la construcción de isletas a nivel, brocales, demarcación y colocación de señalización vertical, que permitan la canalización de las corrientes de tráfico.

La Propuesta N° 01 consta de las siguientes características:

- Mantener dos canales de circulación de 3.60m. de ancho, uno en cada sentido, en el segmento de vía es decir en la Avenida Eleazar López Contreras.
- Optimizar los tiempos de las fases de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.
- En la Intersección Sai – Sai se propone:
 - o Acceso 1 – Av. Principal de la Urb. La Mata, mantener la geometría de la vialidad, con canales de 3.60m. de ancho, el radio de giro externo hacia la Avenida Eleazar López Contreras será de 20.00m. y el radio de giro hacia el Enlace Vial La Parroquia de 9.00m.
 - o Acceso 2 – Avenida Eleazar López Contreras, conformación de un canal de giro a la izquierda para canalizar el tráfico que se dirige al Enlace Vial La Parroquia, con las dimensiones mínimas que permite la Norma de 3.00m. de ancho y por lo menos 6.00m. de largo que permita albergar un vehículo en condiciones segura mientras espera una brecha en la corriente de tráfico contraria que le ceda el paso y girar con un radio mínimo interno de 13.00m., además mantener el canal de giro a la derecha hacia la Urb. La Mata con un ancho de 3.60m.
 - o Acceso 3 – Enlace Vial La Parroquia, geomterizacion del acceso dando lugar a la canalización de los giros a la derecha

y a la izquierda, con anchos mínimos de 3.60m. El radio de giro interno hacia la Urb. La Mata será de 10.00m. y hacia la derecha el radio externo será de 30.00m., esto permite la conformación de una isleta que ayudara a los usuarios a resguardarse y esperar su turno para realizar la maniobra de manera segura.

www.bdigital.ula.ve

5.2.2 Propuesta N° 02.

Mantener las condiciones existentes en el segmento de vía de la Avenida Eleazar López Contreras, uniformizar la sección transversal de la Intersección Sai – Sai, interviniendo la mínima área posible de zonas adyacentes, generar la canalización de los giros a la izquierda tanto desde la Av. Eleazar López Contreras con destino hacia La Parroquia, como desde el Enlace La Parroquia con destino a la Urb. La Mata como se muestra en la Figura 5.2.2-1, también se contempla la optimización del tiempo del ciclo y fases de los semáforos en la Intersección La Pedregosa y la colocación de un semáforo de tiempo fijo en la Intersección Sai –Sai.

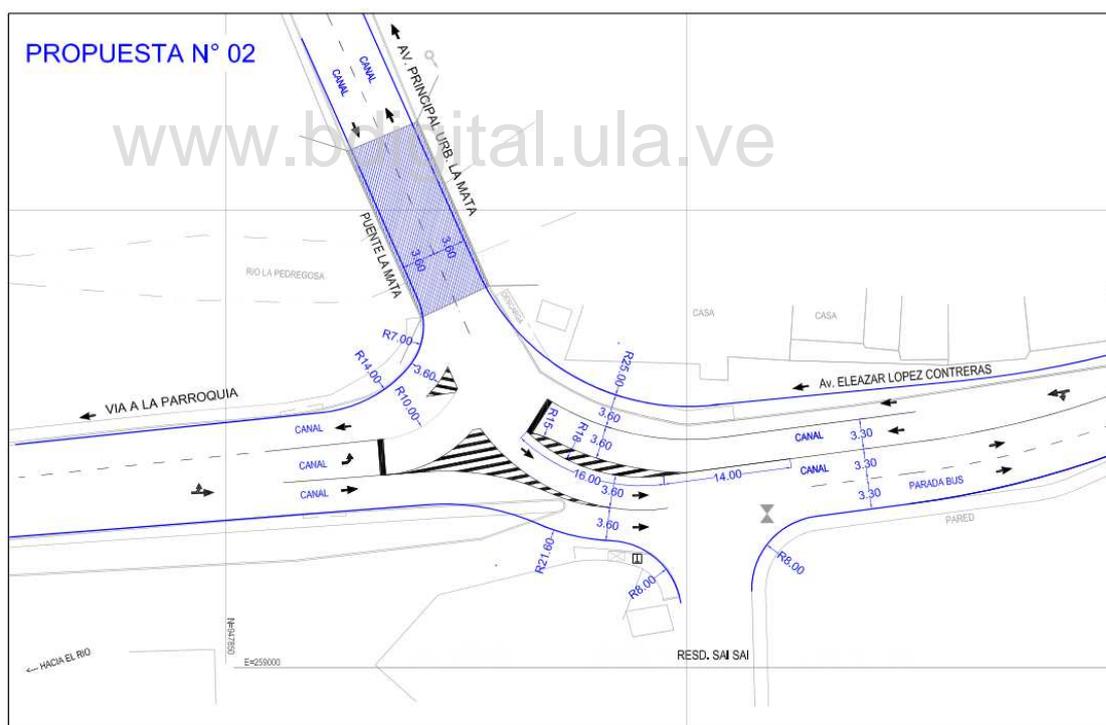


Figura 5.2.2-1 Esquema de Propuesta N° 02.
Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai

Al igual que la propuesta anterior, consiste en la geometrización de la vía y sus intersecciones como se muestra en la Figura 5.2.2-1, definición de todos los canales con las dimensiones mínimas que indican las normas de diseño vial, la construcción de isletas a nivel o brocales, demarcación y colocación de señalización vertical, que permitan la canalización de las corrientes de tráfico.

La Propuesta N° 02 consta de las siguientes características:

- Mantener dos canales de circulación de 3.60m. de ancho, uno en cada sentido, en el segmento de vía es decir en la Avenida Eleazar López Contreras.
- Optimizar los tiempos de las fases de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.
- En la Intersección Sai – Sai se propone:
 - o Acceso 1 – Av. Principal de la Urb. La Mata, mantener la geometría de la vialidad, con canales de 3.60m. de ancho, el radio de giro externo hacia la Avenida Eleazar López Contreras será de 18.00m. y el giro hacia el Enlace Vial La Parroquia será con dos curvas circulares consecutivas de 7.00m y 14.00m totalmente adaptados a la vialidad existente.
 - o Acceso 2 – Avenida Eleazar López Contreras, conformación de un canal de giro a la izquierda para canalizar el tráfico que se dirige al Enlace Vial La Parroquia, con un canal 3.60m. de ancho y por lo menos 20.00m. de largo que permita albergar los vehículos en condiciones seguras mientras espera una brecha en la corriente de tráfico contraria que le ceda el paso y girar con un radio mínimo interno de 15.00m., además

mantener el canal de giro a la derecha hacia la Urb. La Mata con un ancho de 3.60m y un radio de giro externo de 25.00m., lo cual se requiere la afectación, reubicación y reconstrucción del drenaje longitudinal de la avenida (cuneta) ubicado de lado derecho de la sección transversal.

- Acceso 3 – Enlace Vial La Parroquia, geomterización del acceso dando lugar a la canalización de los giros a la derecha y a la izquierda, con anchos mínimos de 3.60 m. El radio de giro interno hacia la Urb. La Mata será de 10.00m. y hacia la derecha el radio externo será de 25.00 m., esto permite la conformación de una isleta que ayudara a los usuarios a resguardarse y esperar su turno para realizar la maniobra de manera segura.

www.bdigital.ula.ve

5.2.3 Propuesta N° 03.

Tomando en cuenta que la Avenida Eleazar López Contreras está operando actualmente a Niveles de Servicio críticos donde fue superada su capacidad, tanto en el segmento de vía como en sus intersecciones extremas, la decisión de formular ésta propuesta fue basada en las condiciones de flujo máximas que ocurren durante las horas pico, en la mañana para los vehículos que se desplazan desde la Intersección Sai-Sai hacia la Intersección La Pedregosa, y en la tarde para los que se desplazan en sentido contrario cuyo mayor volumen proviene del acceso correspondiente a la Avenida Los Próceres.

Analizando los volúmenes se puede decir que, en la hora pico de la mañana está siendo mayormente afectado el tráfico que sube desde la Intersección Sai - Sai por las condiciones de la infraestructura actual así como también por los elementos que conforman la vialidad, entre ellos se tienen: el diseño planimétrico, donde el ancho de la sección transversal de la vía es variable sin los elementos que permitan la canalización segura de las corrientes vehiculares, así como también el diseño altimétrico cuya pendiente longitudinal de la rasante es ascendente en todo su recorrido, también se tomó en cuenta la composición del tráfico, zonas de parada de transporte público y de maniobras de giro. Sin embargo durante la hora pico de la tarde, estas mismas condiciones se reflejan en el extremo opuesto, teniendo claro que los volúmenes en el acceso de la Avenida Los Próceres son mayores ocasionando que el Nivel de Servicio LOS sea el más crítico.

En función de lo anteriormente expuesto y de conformar medidas de bajo costo, donde se puedan beneficiar ambos accesos, ajustados plenamente al espacio físico disponible y en algunos

casos generar afectaciones mínimas, se decide plantear las mejoras dándole prioridad al tráfico que accede a la Avenida tomando en consideración los accesos de mayor volumen, generando sobre la infraestructura y condiciones existentes en el segmento, un tercer canal de circulación, geometrizando la calzada con canales de circulación de 3.00m de ancho cada uno. Como es conocido desde la Intersección Sai – Sai hacia la Intersección La Pedregosa se han ejecutado algunas mejoras que pueden ser utilizadas para desarrollar la propuesta de la siguiente manera.

- Dos canales de circulación con sentido Intersección Sai - Sai – La Pedregosa y uno sentido contrario, mantener esta conformación desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Linda – La Floresta.
- Desde la Intersección La Linda – La Floresta hasta la Intersección La Pedregosa, conformar la sección transversal con un canal subiendo hacia La Pedregosa y dos canales con sentido contrario es decir bajando.
- Uniformizar la sección transversal de la Intersección Sai – Sai, interviniendo la mínima área posible de zonas adyacentes, generar la canalización de los giros a la izquierda y a la derecha tanto desde la Av. Eleazar López Contreras con destino hacia La Parroquia, como desde el Enlace La Parroquia con destino a la Urb. La Mata.
- Utilizar el espacio físico disponible en la Intersección La Linda – La Floresta para la transición de ambas secciones.
- También se contempla la optimización del tiempo del ciclo y fases de los semáforos en la Intersección La Pedregosa y la colocación de un semáforo de tiempo fijo en la Intersección Sai –Sai.

- Como una opción adicional se propone en el Acceso de la Av. Los Próceres prolongar la parada existente de manera que sirva a su vez como canal de giro exclusivo a la derecha hacia La Pedregosa de 3.60m de ancho.

A continuación se muestra en las Figuras 5.2.3-1, 5.2.3-2, 5.2.3-3, 5.2.3-4, 5.2.3-5, el planteamiento de la Propuesta N° 03.

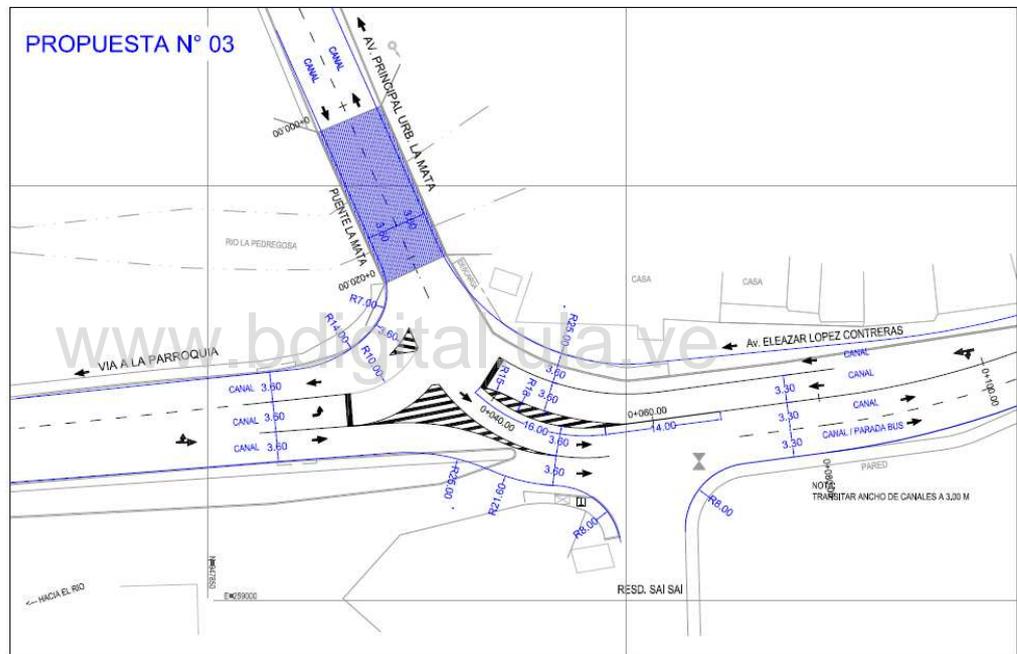


Figura 5.2.3-1 Esquema de Propuesta N° 03.
Intervención de la Calzada en Intersección Sai - Sai

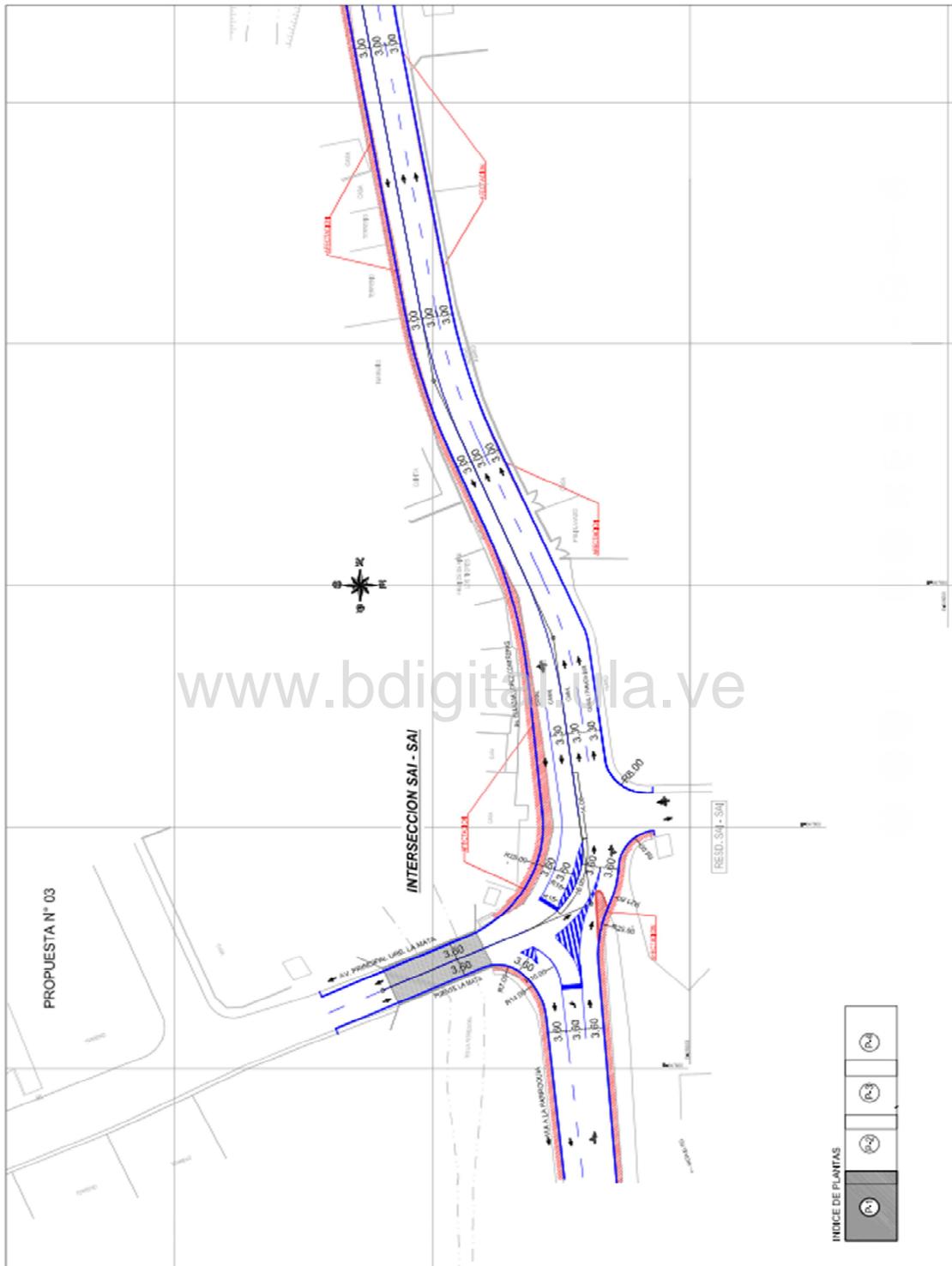


Figura 5.2.3-2 Esquema de Propuesta N° 03.
Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-1

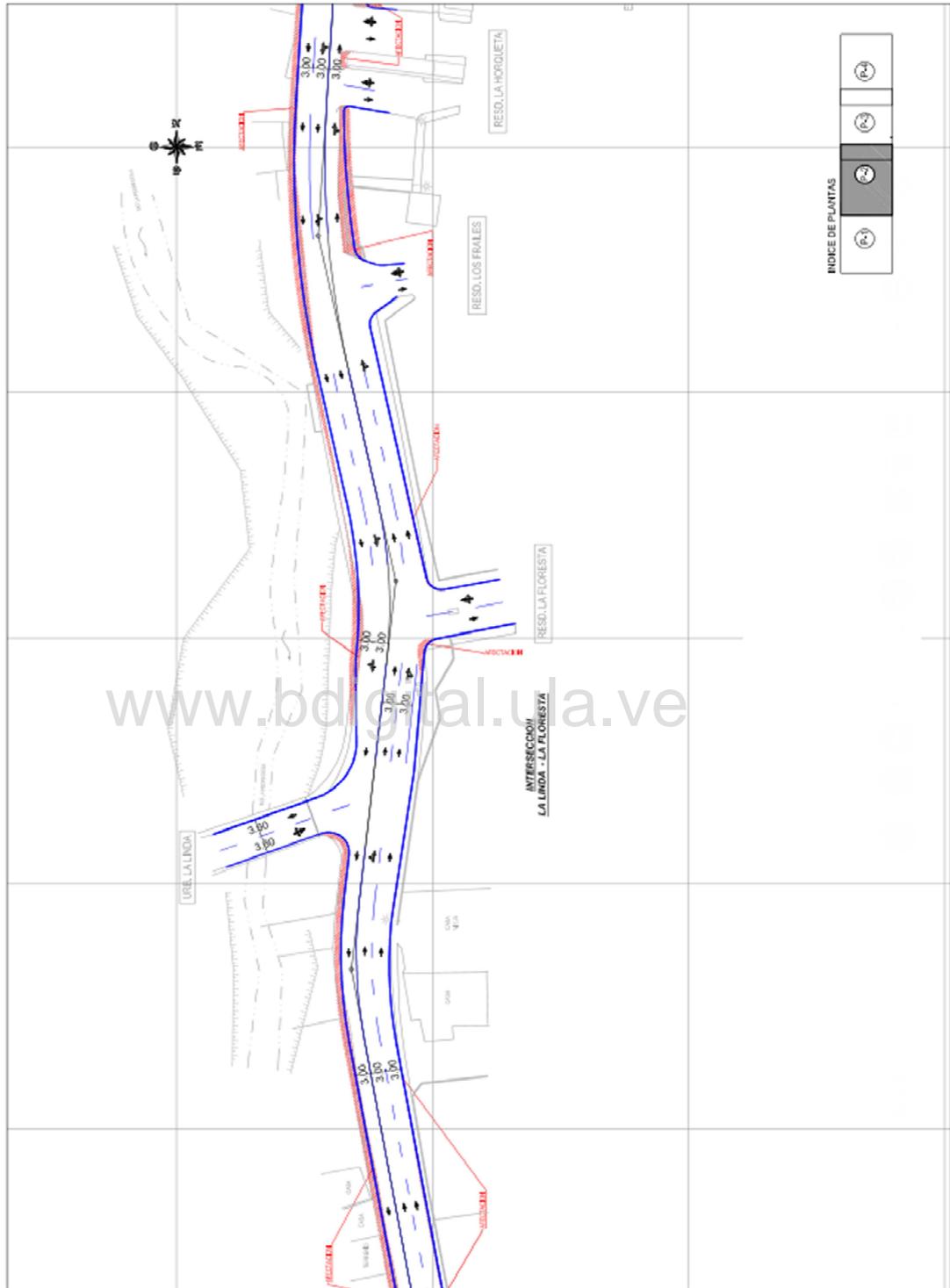


Figura 5.2.3-3 Esquema de Propuesta N° 03.
Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-2

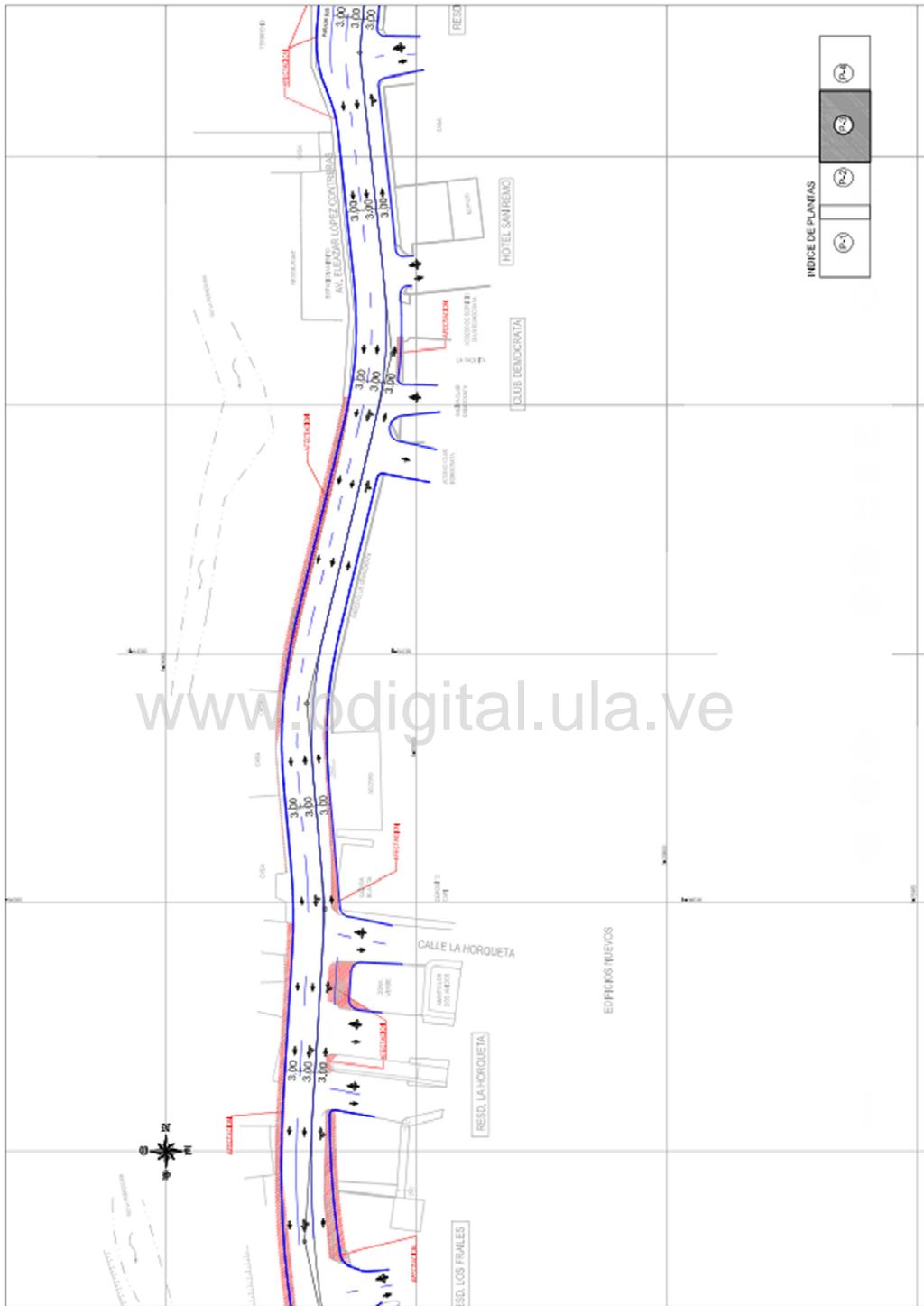


Figura 5.2.3-4 Esquema de Propuesta N° 03.
Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-3

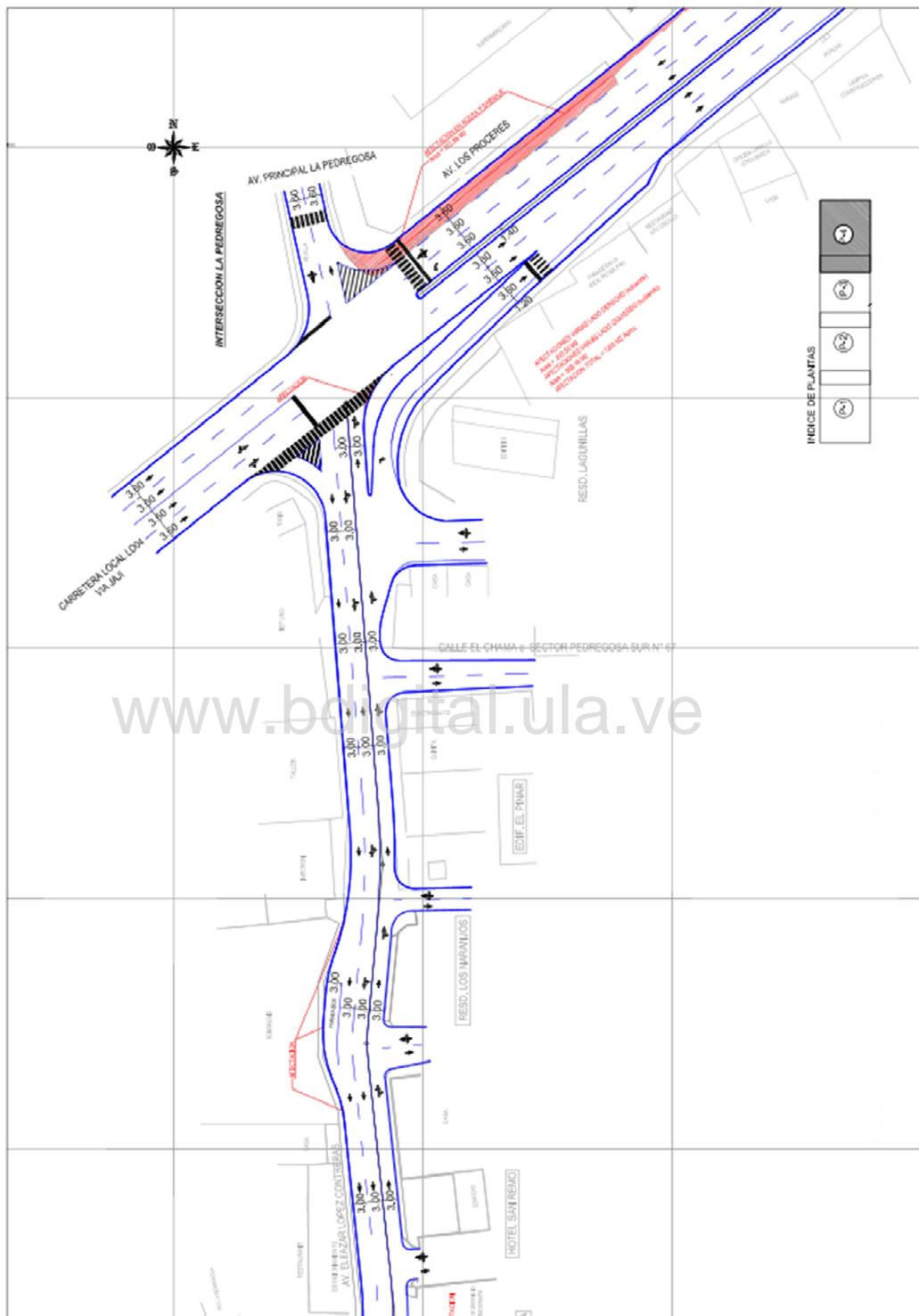


Figura 5.2.3-5 Esquema de Propuesta N° 03.
Intervención de la Calzada en la Av. Eleazar López Contreras Planta de Vialidad P-4

Consiste en la geometrización de la vía y sus intersecciones como se muestra en las Figuras 5.2.3-1, 5.2.3-2, 5.2.3-3, 5.2.3-4, 5.2.3-5, definición de todos los canales con las dimensiones mínimas que indican las normas de diseño vial, la construcción de brocales, demarcación y colocación de señalización vertical, que permitan la canalización de las corrientes de tráfico.

La Propuesta N° 03 consta de las siguientes características:

- Geometrizar el segmento de vía, es decir en la Avenida Eleazar López Contreras con la finalidad de incluir un canal adicional, entonces la vía estará conformada por tres canales de 3.00m. Teniendo claro que existen zonas críticas donde se deben intervenir las aceras, paredes perimetrales o algún servicio público, los cuales deben ser reubicados y rehabilitados.
- Optimizar los tiempos de las fases de los Semáforos en la Intersección La Pedregosa.
- En la Intersección La Pedregosa se propone realizar pequeños ajustes a la geometría que mejore los radios de giro y prolongación de la parada de transporte público ubicada en el acceso de la Avenida Los Próceres que permita el giro exclusivo a la derecha hacia La Pedregosa.
- En la Intersección Sai – Sai se propone:
 - Acceso 1 – Av. Principal de la Urb. La Mata, mantener la geometría de la vialidad, con canales de mínimo 3.60m. de ancho, el radio de giro externo hacia la Avenida Eleazar López Contreras será de 18.00m. y el giro hacia el Enlace Vial La Parroquia será con dos curvas circulares consecutivas de 7.00m y 14.00m totalmente adaptados a la vialidad existente.

- Acceso 2 – Avenida Eleazar López Contreras, conformación de un canal de giro a la izquierda para canalizar el tráfico que se dirige al Enlace Vial La Parroquia, con un canal 3.60m. de ancho y por lo menos 20.00m. de largo que permita albergar los vehículos en condiciones seguras mientras espera una brecha en la corriente de tráfico contraria que le ceda el paso y girar con un radio mínimo interno de 15.00m., además mantener el canal de giro a la derecha hacia la Urb. La Mata con un ancho de 3.60m y un radio de giro externo de 25.00m., lo cual se requiere la afectación, reubicación y reconstrucción del drenaje longitudinal de la avenida (cuneta) ubicado de lado derecho de la sección transversal.
- Acceso 3 – Enlace Vial La Parroquia, geomterización del acceso dando lugar a la canalización de los giros a la derecha y a la izquierda, con anchos mínimos de 3.60 m. El radio de giro interno hacia la Urb. La Mata será de 10.00m. y hacia la derecha el radio externo será de 25.00 m., esto permite la conformación de una isleta que ayudara a los usuarios a resguardarse y esperar su turno para realizar la maniobra de manera segura.

5.3 Presentación de Datos y Análisis de Capacidad y Operación de cada una de las propuestas en la Avenida Eleazar López Contreras desde la Intersección Sai – Sai hasta la Intersección La Pedregosa incluyendo la Intersección La Linda – La Floresta, durante las horas pico de la Mañana de 7:00 a 8:00 am y de la Tarde 5:00 a 6:00 pm, mediante la utilización del software Synchro 8.

Como ya se ha explicado con anterioridad el estudio se realiza bajo la aplicación de la Metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010)⁵, específicamente en los Capítulos N° 17 Segmentos de Calles Urbanas, N° 18 Intersecciones Semaforizadas y N° 19 Intersecciones de Dos Vías Controladas por PARE, para el análisis de capacidad y operación de la vía. Este proceso ha sido llevado a cabo mediante la aplicación del software Synchro 8, una herramienta de gran ayuda que ha permitido el análisis simultáneo de las metodologías mencionadas y más aún, adaptados a las condiciones reales de la zona.

5.3.1 Presentación de Datos y Modelado de la Capacidad y Operación en cada una de las propuestas.

A continuación se presentan en las Figuras 5-4, 5-5, 5-6, 5-7, 5-8 y 5-9 correspondientes a los resultados obtenidos del modelado de la Propuesta N° 01 sin semáforo. Es importante destacar que los resultados obtenidos del modelado de las demás propuestas se encuentran en el Anexo 5-2: Resultados de Propuestas, según el siguiente orden:

1. Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
2. Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai - Sai
3. Propuesta N° 01 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
4. Propuesta N° 01 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai - Sai
5. Propuesta N° 02 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
6. Propuesta N° 02 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai - Sai
7. Propuesta N° 02 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
8. Propuesta N° 02 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai – Sai
9. Propuesta N° 03 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
10. Propuesta N° 03 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai – Sai
11. Propuesta N° 03 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
12. Propuesta N° 03 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai – Sai
13. LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
14. LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai - Sai
15. LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
16. LOS Propuesta N° 01 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai - Sai
17. LOS Propuesta N° 02 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
18. LOS Propuesta N° 02 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai - Sai
19. LOS Propuesta N° 02 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
20. LOS Propuesta N° 02 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai – Sai

21. LOS Propuesta N° 03 Hora Pico Mañana 7 a 8 am
22. LOS Propuesta N° 03 Hora Pico Mañana 7 a 8 am con semáforo en Sai – Sai
23. LOS Propuesta N° 03 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm
24. LOS Propuesta N° 03 Hora Pico Tarde 5 a 6 pm con semáforo en Sai - Sai

www.bdigital.ula.ve

Lanes, Volumes, Timings
3:

28-01-2016

												
Lane Group	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lane Configurations												
Volume (vph)	20	56	708	60	106	44	28	124	28	492	219	91
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)		15%			-5%			4%			-4%	
Storage Length (m)	0.0		10.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes	0		1	0		0	0		0	0		0
Taper Length (m)	7.5			7.5			7.5			7.5		
Lane Util. Factor	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Ped Bike Factor		0.96			0.94			1.00				
Frt			0.850		0.969			0.975			0.983	
Flt Protected		0.988			0.986			0.993			0.970	
Satd. Flow (prot)	0	2647	880	0	1537	0	0	2865	0	0	2894	0
Flt Permitted		0.988			0.986			0.993			0.970	
Satd. Flow (perm)	0	2543	880	0	1537	0	0	2856	0	0	2894	0
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satd. Flow (RTOR)			716		15			21			14	
Link Speed (k/h)		30			25			30			30	
Link Distance (m)		44.1			71.2			69.1			61.8	
Travel Time (s)		5.3			10.3			8.3			7.4	
Confl. Peds. (#/hr)	129					133	24					
Peak Hour Factor	0.94	0.84	0.96	0.88	0.88	0.79	0.88	0.84	0.78	0.91	0.90	0.91
Heavy Vehicles (%)	7%	4%	16%	5%	2%	2%	12%	8%	2%	12%	5%	4%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	17	0	0	0	0	0	7	0	0	13
Parking (#/hr)			17					7				
Adj. Flow (vph)	21	67	738	68	120	56	32	148	36	541	243	100
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (vph)	0	88	738	0	244	0	0	216	0	0	884	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No						
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.37	1.37	1.76	1.11	1.11	1.11	1.17	1.17	1.17	1.12	1.12	1.12
Turning Speed (k/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Split	NA	Perm	Split	NA		Split	NA		Split	NA	
Protected Phases	1	1		2	2		3	3		4	4	
Permitted Phases			1									
Minimum Split (s)	13.0	13.0	13.0	28.0	28.0		20.0	20.0		20.0	20.0	
Total Split (s)	19.0	19.0	19.0	28.0	28.0		20.0	20.0		28.0	28.0	
Total Split (%)	20.0%	20.0%	20.0%	29.5%	29.5%		21.1%	21.1%		29.5%	29.5%	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
All-Red Time (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0		0.0			0.0			0.0	
Total Lost Time (s)		3.0	3.0		3.0			3.0			3.0	
Lead/Lag	Lead	Lead	Lead	Lag	Lag		Lead	Lead		Lag	Lag	
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	
Act Effct Green (s)		16.0	16.0		25.0			17.0			25.0	
Actuated g/C Ratio		0.17	0.17		0.26			0.18			0.26	
w/c Ratio		0.20	0.99		0.59			0.41			1.35d	
Control Delay		35.3	36.6		35.2			33.7			113.5	
Queue Delay		0.0	0.0		0.0			0.0			0.0	

Figura 5-4 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings

3:

28-01-2016

Lane Group	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Total Delay		35.3	36.6		35.2			33.7			113.5	
LOS		D	D		D			C			F	
Approach Delay		36.5			35.2			33.7			113.5	
Approach LOS		D			D			C			F	
Queue Length 50th (m)		7.7	3.7		38.5			17.6			~105.4	
Queue Length 95th (m)		13.9	#70.8		62.4			26.8			#145.2	
Internal Link Dist (m)		20.1			47.2			45.1			37.8	
Turn Bay Length (m)			10.0									
Base Capacity (vph)		446	744		416			530			772	
Starvation Cap Reductn		0	0		0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0	0		0			0			0	
Storage Cap Reductn		0	0		0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.20	0.99		0.59			0.41			1.15	

Intersection Summary

Area Type:	CBD
Cycle Length:	95
Actuated Cycle Length:	95
Offset:	0 (0%), Referenced to phase 2-SBTL and 6-, Start of Green
Natural Cycle:	95
Control Type:	Pretimed
Maximum v/c Ratio:	1.15
Intersection Signal Delay:	67.4
Intersection LOS:	E
Intersection Capacity Utilization:	78.7%
ICU Level of Service:	D
Analysis Period (min):	15
-	Volume exceeds capacity, queue is theoretically infinite. Queue shown is maximum after two cycles.
#	95th percentile volume exceeds capacity, queue may be longer. Queue shown is maximum after two cycles.
d	Defacto Left Lane. Recode with 1 though lane as a left lane.

Spits and Phases: 3:



Figura 5-5 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings

9:

28-01-2016

	↙	↖	↑	↗	↘	↓
Lane Group	WBL	WBR	NBT	NBR	SBL	SBT
Lane Configurations	↘		↑	↗		↗
Volume (vph)	16	15	732	17	16	610
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)	0%		3%			0%
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95
Frt	0.936			0.650		
Flt Protected	0.974					0.999
Satd. Flow (prot)	1696	0	1613	1560	0	3227
Flt Permitted	0.974					0.999
Satd. Flow (perm)	1696	0	1613	1560	0	3227
Link Speed (k/h)	30		30			50
Link Distance (m)	136.2		33.9			37.1
Travel Time (s)	16.3		4.1			2.7
Peak Hour Factor	0.86	0.86	0.67	0.67	0.67	0.67
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	16%	2%	2%	12%
Adj. Flow (vph)	19	17	1093	25	24	910
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	36	0	1093	25	0	934
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Right	Left	Left
Median Width(m)	3.6		0.0			0.0
Link Offset(m)	0.0		0.0			0.0
Crosswalk Width(m)	4.8		4.8			4.8
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	1.00	1.00
Turning Speed (k/h)	25	15		15	25	
Sign Control	Stop		Yield			Yield
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	48.5%			ICU Level of Service A		
Analysis Period (min)	15					

Figura 5-6 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings
11:

28-01-2016

						
Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	11	12	11	740	626	13
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Grade (%)	0%			3%	-3%	
Storage Length (m)	0.0	0.0	15.0			0.0
Storage Lanes	1	0	1			1
Taper Length (m)	7.5		7.5			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt	0.930					0.850
Flt Protected	0.977		0.950			
Satd. Flow (prot)	1693	0	1743	1613	1722	1607
Flt Permitted	0.977		0.950			
Satd. Flow (perm)	1693	0	1743	1613	1722	1607
Link Speed (k/h)	30			30	30	
Link Distance (m)	142.7			45.9	33.9	
Travel Time (s)	17.1			5.5	4.1	
Peak Hour Factor	0.90	0.90	0.46	0.53	0.56	0.56
Heavy Vehicles (%)	2%	2%	2%	16%	12%	2%
Adj. Flow (vph)	12	13	24	1396	1118	23
Shared Lane Traffic (%)						
Lane Group Flow (vph)	25	0	24	1396	1118	23
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Left	Left	Right
Median Width(m)	3.6			3.6	3.6	
Link Offset(m)	0.0			0.0	0.0	
Crosswalk Width(m)	4.8			4.8	4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	0.98	0.98
Turning Speed (k/h)	25	15	25			15
Sign Control	Stop			Yield	Yield	
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	48.9%			ICU Level of Service A		
Analysis Period (min)	15					

Figura 5-7 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am

Lanes, Volumes, Timings

15:

28-01-2016

						
Lane Group	EBL	EBR	NBL	NBT	SBT	SBR
Lane Configurations						
Volume (vph)	385	53	73	367	146	456
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	3.6
Grade (%)	0%			3%	-3%	
Storage Length (m)	0.0	0.0	30.0			6.0
Storage Lanes	1	0	1			1
Taper Length (m)	7.5		7.5			
Lane Util. Factor	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95
Frt	0.981				0.926	0.850
Flt Protected	0.959		0.950	0.999		
Satd. Flow (prot)	1613	0	1535	1533	1446	1390
Flt Permitted	0.959		0.950	0.999		
Satd. Flow (perm)	1613	0	1535	1533	1446	1390
Link Speed (k/h)	30			30	30	
Link Distance (m)	323.1			145.7	74.2	
Travel Time (s)	38.8			17.5	8.9	
Peak Hour Factor	0.92	0.78	0.85	0.95	0.85	0.95
Heavy Vehicles (%)	10%	16%	10%	16%	7%	12%
Adj. Flow (vph)	418	68	86	386	172	480
Shared Lane Traffic (%)			10%			35%
Lane Group Flow (vph)	486	0	77	395	340	312
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Right	Left	Left	Left	Right
Median Width(m)	3.6			3.6	3.6	
Link Offset(m)	0.0			0.0	0.0	
Crosswalk Width(m)	4.8			4.8	4.8	
Two way Left Turn Lane						
Headway Factor	1.00	1.00	1.02	1.02	1.07	0.98
Turning Speed (k/h)	25	15	25			15
Sign Control	Stop			Yield	Yield	
Intersection Summary						
Area Type:	Other					
Control Type:	Unsignalized					
Intersection Capacity Utilization	70.9%			ICU Level of Service C		
Analysis Period (min)	15					

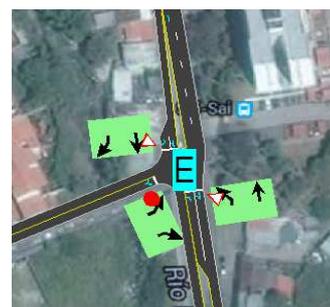
Figura 5-8 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am



LOS Intersección La Pedregosa



LOS Intersección La Linda – La Floresta



LOS Intersección Sai - Sai

Figura 5-9 Nivel de Servicio LOS
Propuesta N° 01 Hora Pico Mañana 7:00 a 8:00 am

5.3.2 Resumen de resultados obtenidos en el modelado todas las propuestas.

Una vez obtenidos los resultados de modelar cada una de las propuestas, se realizó un resumen con base en los requerimientos del presente estudio, que están dirigidos al análisis de capacidad y operación, razón por la cual se muestran a continuación en las Tablas N° 5-1, 5-2, 5-3 y 5-4, los valores obtenidos en cuanto a Nivel de Servicio LOS para cada Intersección y el factor ICU que proporciona una referencia generalizada de la misma sobre con cada una de las propuestas.

www.bdigital.ula.ve

TABLA N° 5-1

PROPUESTAS	Hora	Nivel de Servicio LOS Intersección Sai - Sai					
		Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
	Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Urb. La Mata	Hacia Urb. La Mata	Hacia La Pedregosa
PROPUESTA N° 01	SIN SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	E				
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 am	D				
		ICU	64.60 %				
	CON SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	E	D	C	C	E
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 pm	D	C	C	B	D
		ICU	64.60 %				
PROPUESTA N° 02	SIN SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	E				
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 am	D				
		ICU	64.60 %				
	CON SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	D	E	A	C	D
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 pm	D	D	A	C	C
		ICU	64.60 %				
PROPUESTA N° 03	SIN SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	E				
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 am	D				
		ICU	60.60 %				
	CON SEMAFORO	7:00 a 8:00 am	D	E	A	C	D
		ICU	70.90 %				
		5:00 a 6:00 pm	D	D	A	C	C
		ICU	64.60 %				

TABLA N° 5-2

PROYECTAS		Hora	Nivel de Servicio LOS por Acceso para la Intersección SemafORIZADA La Pedregosa													
			Acceso 2				Acceso 5	Acceso 6			Acceso 7		Acceso 8			
		Distribución de Accesos	Hacia Jajji	Hacia La Pedregosa	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia La Parroquia	Hacia Jajji	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres	Hacia La Parroquia	Hacia Jajji	Hacia La Pedregosa	Hacia Los Proceres
PROPUESTA N° 01	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	D				D	F			D		C			
		ICU	E 78.70 %													
		5:00 a 6:00 pm	C				F	F			C		C			
		ICU	F 78.80 %													
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	D				D	F			D		C			
		ICU	E 78.70 %													
		5:00 a 6:00 pm	C				F	F			C		C			
		ICU	F 78.80 %													
	PROPUESTA N° 02	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	E				D	C			E		D		
			ICU	D 78.70 %												
			5:00 a 6:00 pm	E				F	C			E		D		
			ICU	F 78.80 %												
CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI		7:00 a 8:00 am	E				D	C			E		D			
		ICU	D 78.70 %													
		5:00 a 6:00 pm	E				F	C			E		D			
		ICU	F 78.80 %													
PROPUESTA N° 03	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F				B	C-C-A			E		D			
		ICU	C 78.70 %													
		5:00 a 6:00 pm	F				F	C-C-A			E		D			
		ICU	F 70.80 %													
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F				B	C-C-A			E		D			
		ICU	C 78.70 %													
		5:00 a 6:00 pm	D				F	F-F-A			C		C			
		ICU	F 78.80 %													

TABLA N° 5-3

PROPUESTAS		Hora	Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Linda					
			Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3	
		Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa ←	Hacia La Parroquia →	Hacia La Linda ←	Hacia La Pedregosa ↑	Hacia La Parroquia ↑	Hacia La Linda ↶
PROPUESTA N° 01	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.50 %					
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.50 %					
PROPUESTA N° 02	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.50 %					
	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.50 %					
PROPUESTA N° 03	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	42.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	49.90 %					
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	42.90 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	43.90 %					

TABLA N° 5-4

PROPUESTAS		Hora	Nivel de Servicio LOS para la Intersección La Floresta					
			Acceso 5		Acceso 4		Acceso 6	
		Distribución de Accesos	Hacia La Pedregosa ←	Hacia La Parroquia →	Hacia La Pedregosa ↑	Hacia La Floresta ↘	Hacia La Parroquia ↑	Hacia La Floresta ↘
PROPUESTA N° 01	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.50 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.50 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					
PROPUESTA N° 02	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.5 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.50 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					
PROPUESTA N° 03	SIN SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.50 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					
	CON SEMAFORO EN INTER. SAI - SAI	7:00 a 8:00 am	F					
		ICU	48.50 %					
		5:00 a 6:00 pm	F					
		ICU	48.60 %					

5.4 Análisis de los resultados obtenidos correspondientes a las propuestas.

Una vez conocidos los parámetros referentes a capacidad y operación de la Avenida Eleazar López Contreras para cada una de las propuestas, a continuación se presentan las Tablas 5-5 y 5-6 donde se especifica a manera de resumen, los Niveles de Servicio LOS obtenidos para todas las propuestas analizadas, que permiten comparar lo que ocurre en cada intersección mediante la aplicación de la metodología del Manual.

www.bdigital.ula.ve

**TABLA 5-5
COMPARACION DEL NIVEL DE SERVICIO LOS, PARA LA SITUACION ACTUAL Y
PARA LAS PROPUESTAS, EN CADA INTERSECCION
HORA PICO DE LA MAÑANA 7:00 a 8:00 am**

Nombre de la Intersección		La Pedregosa	La Floresta	La Linda	Sai - Sai	Observaciones	
Nivel de Servicio LOS Actual		D	F	F	F	Longitud del Ciclo Actual 127 seg.	
Propuesta N° 01	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	E	F	F	E	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	95	NA	NA	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	E	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	95	NA	NA	80	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa
Propuesta N° 02	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	D	F	F	E	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	F	F	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	D	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	NA	NA	80	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa
Propuesta N° 03	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	C	F	F	E	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	F	F	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	C	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	NA	NA	80	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa

*NA: No aplica

TABLA 5-6
COMPARACION DEL NIVEL DE SERVICIO LOS, PARA LA SITUACION ACTUAL Y
PARA LAS PROPUESTAS, EN CADA INTERSECCION
HORA PICO DE LA TARDE 5:00 a 6:00 pm

Nombre de la Intersección		La Pedregosa	La Floresta	La Linda	Sai - Sai	Observaciones	
Nivel de Servicio LOS Actual		F	F	F	F	Longitud del Ciclo Actual 127 seg.	
Propuesta N° 01	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	85	F	F	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	85	NA	NA	65	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa
Propuesta N° 02	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	F	F	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	C	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	NA	NA	65	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa
Propuesta N° 03	Nivel de Servicio LOS	Sin Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	D	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	127	F	F	NA	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección La Pedregosa
		Con Semáforo en Inter. Sai-Sai	F	F	F	C	
		Longitud del Ciclo Propuesto (seg)	85	NA	NA	65	Longitud del Ciclo Propuesto en la Intersección Sai – Sai y La Pedregosa

*NA: No aplica

Entre los factores que toma en cuenta el análisis, se tiene los internos como la velocidad, volumen, la composición del tráfico, factibilidad de realizar maniobras, etc., y los externos correspondientes a las características físicas, tales como el ancho y conformación de los canales, presencia de hombrillos, paradas de transporte público, la pendiente, que en este caso afecta más que todo en la intersección La Pedregosa, aunque se puede decir que la Avenida Eleazar López Contreras en todo su recorrido es afectada por estos factores.

A través del análisis de capacidad se obtiene una manera de estimar, la máxima cantidad de flujo vehicular a la que se le puede dar servicio en una vía, por medio de un conjunto de procedimientos que permitan la estimación de las posibles mejoras que ofrezca la misma para satisfacer las necesidades de los usuarios. Tal es el caso del presente trabajo, donde se han planteado una serie de propuestas conceptuales de bajo costo con la finalidad de comprobar su factibilidad de aplicación.

En general las propuestas presentadas tienen como objetivo principal, mejorar las condiciones de operación en la Avenida Eleazar López Contreras, que como ya es conocido, muestra graves problemas de congestión vehicular. Sin embargo, como se puede observar en los resultados tanto en la mañana como en la tarde para los periodos de tiempo estudiados, la operación de la Avenida se encuentra en niveles muy bajos, prácticamente en un Nivel de Servicio F que representa condiciones de flujo forzado, y a su vez indica que llegó a su nivel máximo de operación y está prácticamente colapsada, afectando directamente la velocidad de flujo libre que se ve reducida a

valores no usuales para una Arterial Principal, influyendo en la libertad de maniobra de los usuarios para recorrer el segmento. En función de esta situación se analizaron las propuestas, con el objetivo primordial que alguna pueda ser implantada en sitio para mejorar las condiciones que actualmente afectan el libre desenvolvimiento del tráfico.

Analizando el contenido de las Tablas 5-5 y 5-6, se puede decir que la aplicación de las propuestas no mejora en gran medida la situación actual del conjunto segmento-intersecciones. Sin embargo, aunque no se pudo obtener un Nivel de Servicio óptimo en el conjunto que logre optimizar las condiciones del tráfico, para mitigar la situación actual, se puede observar en los resultados de las Tablas N° 5-1 y 5-2, que los niveles de servicio van variando de acuerdo a la aplicación de las propuestas de medidas de bajo costo, tal es el caso de la intersección Sai – Sai donde la aplicación de la Propuesta N° 03 ofrece una mejora considerable en los Nivel de Servicio LOS por acceso, es por ello que una vez analizados los resultados se hace la escogencia de una de las propuesta en función de:

- En la Intersección Sai – Sai, los problemas de operación son mayores en la Mañana, ya que es en ese periodo donde ocurren los máximos volúmenes.
- En la intersección La Pedregosa aun siendo optimizados los tiempos de los semáforos para llegar a un ciclo de 85 segundos, no se evidencia alguna mejora sustancial en el Nivel de Servicio que puede satisfacer las horas pico más bien desmejora el nivel de servicio actual, por lo tanto se decidió mantener el ciclo de 127 segundos.
- Las condiciones de la infraestructura vial de la avenida, cada día se ven más perjudicadas y comprometidas por el abuso de

algunos usuarios en cuanto a su utilización en beneficio propio y la poca penalización por parte de los entes que rigen la materia.

- Dada la poca inversión por parte del Estado en la construcción de nuevas vías o rehabilitación de las existentes, se hace necesario aplicar alguna medida de bajo costo que pueda en un corto plazo aminorar las condiciones que afectan la libre circulación y maniobrabilidad de los usuarios, mientras se logre ejecutar proyectos de mayor envergadura.

Con base en lo anteriormente expuesto, se considera que es factible la implantación de la Propuesta N° 03, basada en mantener la infraestructura y condiciones existentes en el segmento de vía de la Avenida Eleazar López Contreras, geometrizando la calzada y definiendo tres canales de circulación de 3.00m de ancho cada uno, la avenida funcionará de la siguiente manera: dos canales subiendo y uno bajando desde la Intersección Sai- Sai hasta la Intersección La Linda – La Floresta, a partir de allí se transita la sección y pasa a tener un canal subiendo y dos bajando hasta la Intersección La Pedregosa, interviniendo la mínima área posible de zonas adyacentes, generar la canalización de los giros a la izquierda y a la derecha tanto desde la Av. Eleazar López Contreras con destino hacia La Parroquia, como desde el Enlace La Parroquia con destino a la Urb. La Mata, la colocación de un semáforo de tiempo fijo con un ciclo de 65 segundos en la Intersección Sai – Sai, y mantener el ciclo del semáforo en la Intersección La Pedregosa en 127 segundos.

El semáforo en la Intersección Sai – Sai tendrá las siguientes fases y sincronización como se muestra en las Figuras 5-7 y 5-8:

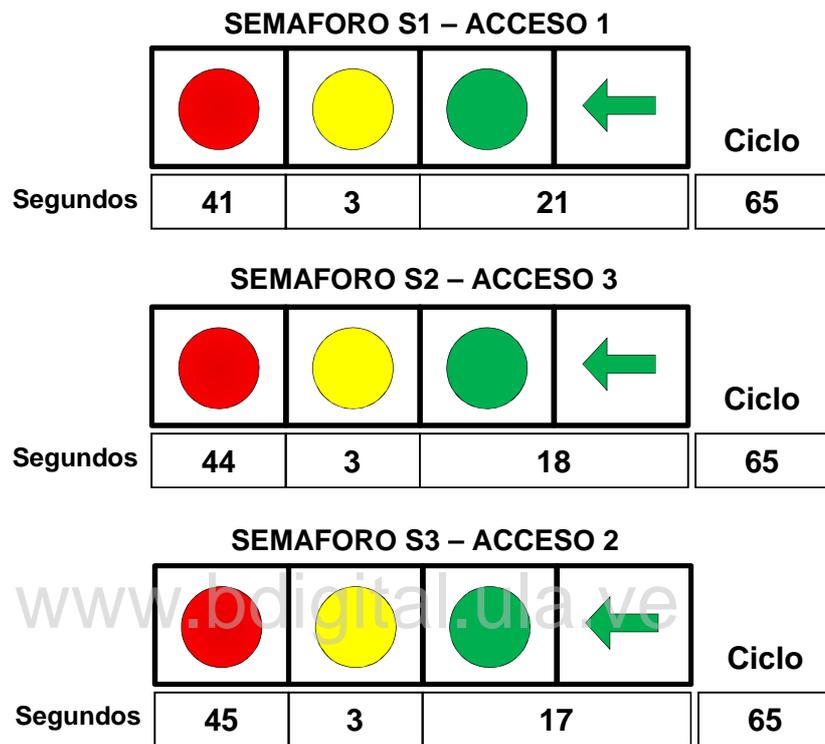


Figura 5-7 Tiempo en segundos de cada fase y del ciclo

SINCRONIZACION DE LAS FASES DEL SEMÁFORO

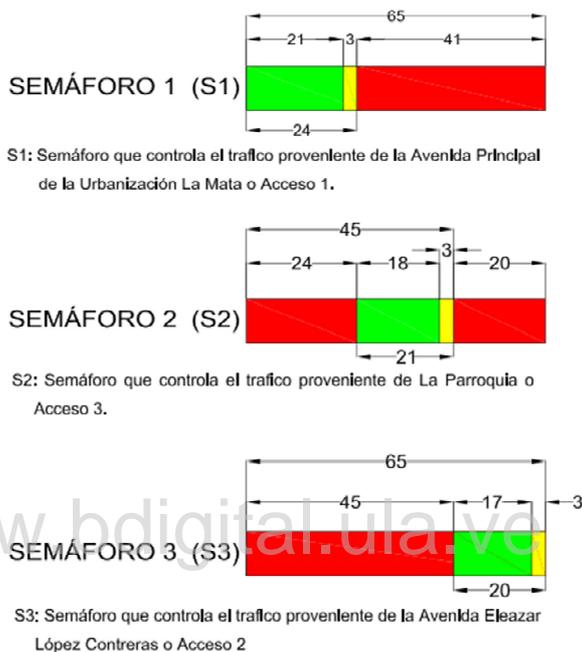


Figura 5-8 Sincronización de las fases del Semáforo en Intersección Sai – Sai.

Se debe tener presente que estas Medidas de Bajo Costo dan lugar en un corto plazo a la búsqueda de nuevas propuestas integrales y definitivas que mejoren la situación actual.

Es importante destacar que no se cumplió a cabalidad con la hipótesis planteada, de optimizar el Nivel de Servicio LOS de la vía en estudio, no obstante se logró comprobar que con la

implementación de Medidas de Bajo Costo se pueden mejorar las condiciones actuales de transitabilidad en los accesos de manera independiente, mientras se estudia y elabora un proyecto integral de mayor envergadura.

Los planos contentivos del planteamiento se encuentran en el Anexo 6. Mejoras de Bajo Costo. Según el siguiente orden:

- Planos de Vialidad
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-1
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-2
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-3
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-4
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-5
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-6
- Planos de Señalización y Demarcación
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-1
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-2
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-3
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-4
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-5
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-6

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Consideraciones generales

El propósito de esta investigación, se ha desarrollado a través de los capítulos anteriores mediante el estudio de la situación actual del tránsito en la Avenida Eleazar López Contreras, con la finalidad de plantear una propuesta conceptual de medidas de bajo costo que pueda ser implementada para incrementar la fluidez del tráfico y a su vez optimizar el nivel de servicio actual que presta la infraestructura vial a los usuarios. Una vez obtenidos y analizados los resultados del estudio, se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.2 Conclusiones

- La metodología recomendada por el Manual de Capacidad de Carreteras *Highway Capacity Manual (2010)*⁵ (HCM), para la evaluación de un segmento de vía relativamente corto así como las intersecciones extremas o contenidas el tramo, es lo suficientemente practica y funcional ya que puede ser adaptada a las características presentes en la zona, los parámetros requeridos son perfectamente medidos en campo o en su defecto pueden ser utilizados valores por predeterminados sugeridos en el método.
- Para llevar a cabo la aplicación de la metodología señalada, en función de las condiciones actuales del tráfico, se debe recopilar en campo la mayor cantidad de información de manera detallada, clara, precisa y confiable que permita ajustar el método a las condiciones reales con la menor utilización de parámetros preestablecidos y así obtener resultados muy cercanos a la realidad.
- La determinación de la velocidad de operación depende de varios factores, donde cada uno de ellos es sensible a las condiciones de la

zona y por ende de los usuarios de la vía. La avenida en estudio es clasificada como una Arterial Principal, que permite la conexión con otras vías principales de la ciudad, por lo tanto atrae un gran número de usuarios sobre todo en horas pico, asociado a esto se tienen varios desarrollos habitacionales y urbanísticos en ambos lados de la vía, todo esto genera un volumen de tráfico local que interactúa con el tráfico de paso, generando demoras en los tiempos de viaje que afectan la velocidad de operación y de flujo libre al realizar el recorrido en el tramo.

- La velocidad promedio de recorrido en condiciones normales de flujo vehicular recomendada para el diseño de una vía Arterial es de 60 Km/h, los resultados obtenidos en el presente estudio en las horas de menor circulación de vehículos, es decir, en horas valle tanto de la mañana como de la tarde fueron los siguientes.
 - Para los vehículos que se desplazan desde la Intersección Sai-Sai hacia la Intersección La Pedregosa en la mañana de 10:00 a 11:00 am la velocidad es de 31.52 Km/h y 40.78 Km/h para los que se desplazan en viceversa.
 - En la tarde de 2:00 a 3:00 pm las velocidades fueron de 33.36 Km/h para los que se desplazan desde la Intersección Sai-Sai hacia la Intersección La Pedregosa y 35.77 Km/h para los que se desplazan en sentido contrario.
- La velocidad de operación para los vehículos que se desplazan desde la Intersección Sai-Sai hacia la Intersección La Pedregosa en la hora pico de la mañana 7:00 a 8:00 am es de 23.11 Km/h y en sentido contrario de 18.27 Km/h, mientras que en la hora pico de la tarde 5:00 a 6:00 pm las velocidades fueron de 22.03 Km/h para los que se desplazan desde la Intersección Sai-Sai hacia la Intersección La Pedregosa y 15.92 Km/h para los que se desplazan en viceversa.

- Al analizar ambos resultados se demuestra que existe una disminución importante en las velocidades calculadas que se encuentran en el orden de 33 al 56 %. Si se comparan estos valores con la velocidad promedio recomendada por las normativas de 60Km/h para este tipo de vía, se puede decir que esta disminución se encuentra entre el 30 y el 75%, valores que llaman la atención y demuestran que se manifiesta la existencia de un problema de operación en la vía que va en detrimento del uso de la infraestructura y afectación a los usuarios reflejándose en: mayor tiempo de recorrido, pérdida de horas hombre, desgaste automotor, aumento en el consumo de combustible, entre otros.
- La selección de las medidas correctivas de bajo costo en este tipo de obras de ingeniería o en cualquier otra, deben necesariamente basarse en una evaluación técnica integral de los factores que generan el problema así como también del conocimiento técnico apoyado en estudios, normas, leyes, metodologías y la experiencia laboral de un equipo de profesionales que generen la posibilidad de realizar cambios o adaptaciones a la infraestructura vial existente y que a su vez sean razonables, prácticos y efectivos de acuerdo a las necesidades de la población.
- La implementación de medidas de bajo costo como solución a un problema de tráfico en cuanto a transitabilidad y movilidad, requiere del estudio tanto de alternativas como la selección y evaluación de la o las que se consideren factibles siempre y cuando estén ajustadas a las normativas vigentes y se demuestre que es posible su aplicación desde varios puntos de vista, como es la funcionalidad, economía, la seguridad, la sustentabilidad, el confort y la adecuación a las condiciones de la zona.
- La avenida Eleazar López Contreras, presenta inconvenientes de congestión y operación, mediante el presente estudio se pudieron

conocer los factores que causan dichos problemas y que radican principalmente en la falta de uniformidad en la sección transversal y canalización de las corrientes de tráfico en la avenida, bien sea por ausencia de espacio físico o las malas condiciones y falta de capacidad de la infraestructura vial, que ocasionan la disminución de la velocidad de los vehículos que se desplazan por la misma, debido al roce entre las corrientes de tráfico, ausencia de zonas de adelantamiento o paso de vehículos lo cual se ve reflejado en la formación de colas y congestión.

- Dentro de las razones por las cuales se presentan problemas en la transitabilidad y movilidad que afectan las velocidades de los vehículos generando congestión y disminuyendo el nivel de Servicio LOS de la avenida tenemos:
 - Presencia de comercios y zonas escolares dentro de áreas residenciales a lo largo del segmento.
 - Utilización de la infraestructura vial existente, por parte de establecimientos comerciales, para estacionamientos o realización de actividades específicas del local.
 - Ubicación de paradas de transporte público en el canal de circulación por no existir espacios disponibles para la construcción de las mismas como lo indican las normas.
 - Giros a la derecha en accesos directos hacia zonas residenciales o comerciales que se realizan directamente desde el canal de circulación.
 - Maniobras de giro hacia la izquierda, para acceder a conjuntos residenciales o establecimientos comerciales, cuyos usuarios deben aguardar en el canal de circulación hasta que exista una brecha en la corriente vehicular opuesta que permita el giro de manera segura.

- Utilización de los canales de circulación para estacionamiento de vehículos cuyos usuarios realizan actividades en áreas comerciales.
- Mediante el uso del sistema informático denominado Synchro 8, diseñado con la finalidad de permitir la aplicación de la Metodología del Manual de Capacidad de Carreteras *Highway Capacity Manual (2010)*⁵ (HCM), al cual se incorporan una serie de datos y parámetros necesarios para que éste lleve a cabo el modelado de las situaciones de tránsito en estudio. Se logró simultáneamente ensamblar el conjunto de intersecciones y segmento de vía, lo cual se considera un gran avance en este tipo trabajos puesto que permite visualizar en un mismo archivo de datos, lo que ocurre desde un extremo al otro del segmento tanto en la situación actual como en cada una de las propuestas, así mismo permite realizar las modificaciones que se consideren necesarias y su análisis en tiempo real.
- La interpretación del Nivel de Servicio LOS de las intersecciones debe realizarse con cautela, se puede sugerir un funcionamiento aceptable de la intersección en función de los volúmenes que manejan ciertos grupos de canales, pero que en realidad están operando a un Nivel de Servicio LOS inaceptable, también puede darse el caso donde algún grupo de canales esté operando a un nivel de servicio aceptable pero es afectado por los demás grupos que tengan condiciones inadmisibles, y los resultados pueden enmascarar el Nivel de Servicio de la intersección cuando existe un rendimiento aceptable de los grupos de canal de mayor volumen. Por lo tanto, siempre debe verificar que cada uno de los grupos de canales está proporcionando un funcionamiento tolerable y considerar que el Nivel de Servicio LOS para el grupo de canales de menor desempeño, no proporciona un contexto racional para la

interpretación del Nivel de Servicio LOS de toda la intersección. En general podemos tomar como una recomendación del Manual, que cuando se tiene una proporción mayor de volumen a la capacidad de 1.0, es una indicación de la ocurrencia de un problema potencial de operación.

- Según la metodología en una intersección semaforizada la relación crítica de volumen/capacidad puede proporcionar una indicación de eficiencia, y es utilizada analíticamente solo para la evaluación de la intersección desde una perspectiva de la Capacidad. Es posible tener una relación de volumen a capacidad menor que 1.0, lo que indica que el tiempo de la fase del semáforo no fue asignado apropiadamente al ciclo. Entonces se debe considerar la reasignación del tiempo de ciclo, donde se le dé tiempo adicional a las fases que sirven a aquellos grupos de canales que presentan una relación de volumen a capacidad igual o superior a 1.0. El presente estudio en la intersección La Pedregosa, en el análisis de cada una de las propuestas se obtuvieron valores de la relación v/c que se aproximan a 1.0, lo cual se refleja en un Nivel de Servicio LOS bajo, sin embargo al realizar la optimización del semáforo donde se reasignó tiempo a las fases, no se logró mejorar el Nivel de Servicio LOS actual.
- La relación de volumen/capacidad crítica de la intersección puede ser engañosa cuando se utiliza para evaluar la suficiencia global de la geometría en la intersección. El problema es que las tasas de flujo bajas sugieren la necesidad de longitudes de ciclo corto para minimizar la demora. Sin embargo, la metodología del Manual indica que los procedimientos donde la longitud de ciclo son más cortos requieren una mayor proporción en la relación de volumen a la capacidad. Por lo tanto un valor relativamente grande de dicha relación, siempre y cuando sea de menor de 1.0, no es

necesariamente una indicación de mal funcionamiento, por el contrario, es importante entender que se debe prestar mayor atención a la adecuación de la duración y al tamaño de la cola durante la fase, especialmente para las fases críticas. Entonces se concluye que los problemas de capacidad en la intersección no pueden ser resueltos simplemente con el cambio en los tiempos del semáforo, sino que debe ser una solución integral que incluya a su vez modificaciones o adaptaciones en la infraestructura actual.

- Conocida la situación crítica del tráfico de la avenida se realizaron propuestas conceptuales para dar solución a los problemas presentes, de cuyo análisis podemos concluir que:
 - La Propuesta N° 01 se descarta puesto que, la canalización de las corrientes de tráfico en la Intersección Sai – Sai, sin realizar ninguna afectación en las zonas adyacentes así como la optimización del ciclo y modificación de los tiempos de las fases en el semáforo de la Intersección La Pedregosa, no mejora el Nivel de Servicio LOS actual.
 - La Propuesta N° 02 puede ser perfectamente tomada en cuenta e implantada pues es una medida de bajo costo que afecta la intersección Sai – Sai, para mejorar el Nivel de Servicio LOS actual de la misma, corregir las condiciones de transitabilidad y movilidad del tráfico en cada acceso, y además optimizar los tiempos de recorrido en el segmento de vía.
 - La Propuesta N° 03 complementa la anterior, ofreciendo mejoras en el Nivel de Servicio LOS del conjunto, beneficia la transitabilidad y movilidad del tráfico tanto en la Avenida como en cada acceso de las intersecciones, con afectaciones de poca envergadura en diferentes puntos del recorrido que ensanchan la sección transversal de la calzada y permite la organización del tráfico. Por estas razones fue escogida como la Propuesta de

Medidas de Bajo Costo que mejor ajusta a las condiciones de la zona y se considera factible su desarrollo a nivel de proyecto integral como una nueva etapa estudio.

6.3 Recomendaciones

Con base en el estudio de la situación actual de la Avenida Eleazar López Contreras que afecta la transitabilidad y movilidad del tráfico, se presentan un gran número de posibles alternativas que pueden ser implementadas para dar solución a este problema, las cuales requieren ser estudiadas en detalle a fin de escoger la que sea factible desde el punto de vista de operación, eficacia, seguridad, economía, confort entre otras. En función de esta interrogante se recomienda:

- Se considera factible la implantación de la Propuesta N° 03 llevada a cabo por etapas, de manera que se inicie en la Intersección Sai – Sai con la Propuesta N° 02, para que se realice a través de ella la evaluación de velocidades y tiempo de recorrido como un estudio complementario que la evalúe en tiempo real, mientras se van desarrollando las afectaciones correspondientes en el segmento de vía.
- Estudiar la factibilidad de aperturas de nuevas vías que ofrezcan mayores ventajas desde el punto de vista de transitabilidad, movilidad, tiempos de viaje y su conexión con las principales vías existentes.
- Con la finalidad de ampliar la calzada actual, en la que puede ser adaptada y mejorada la propuesta N° 03, se requiere evaluar la posibilidad de afectación y reubicación de estructuras construidas al margen de la vía actual, y que están ubicadas tanto dentro del derecho de vía (en ambos sentidos) como en el retiro de la zona protectora del Rio La Pedregosa, que por demás es considerada

de alta riesgo con antecedentes de crecidas que han afectado tanto las estructuras como la vialidad.

- Estudiar y elaborar el proyecto integral, que incluya el diseño vial de la avenida con la capacidad necesaria para manejar el volumen de vehículos actual y a futuro que se integre a la principales vías existentes, definir las afectaciones así como también los proyectos de las obras complementarias y necesarias para la puesta en servicio de la nueva vialidad, entre las cuales se tienen: evaluación estructural e hidráulica del Puente La Mata, muros de contención, drenaje, protecciones hidráulicas, iluminación, semaforización, señalización y demarcación, paisajismo, etc.
- De acuerdo a las condiciones de movilidad del tráfico en las horas pico, estudiar la posibilidad de utilizar el canal central en contraflujo para desalojar el volumen de vehículos de la Avenida, previendo la aprobación y ejecución de esta actividad por los entes públicos que rigen la materia.
- Evaluar la posibilidad de inclusión de un tercer canal en la Avenida Los Próceres, desde el retorno ubicado frente al acceso al cementerio Jardines La Inmaculada, para generar un canal de giro libre a la derecha con sentido hacia La Pedregosa.
- Hacer cumplir legalmente las normativas y ordenanzas de ley que estén vigentes, para resguardar los espacios públicos destinados a mejorar las condiciones físicas del entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ríos (2004). Análisis y Propuesta Macroviales para la Ciudad de Guatemala. Tesis para optar al Título de Arquitecto en el Grado Académico de Licenciado, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Francisco Marroquín de Guatemala.
- [2] Forlini y Molar (2008). La Vialidad Sostenible ¿Es Sostenible en el Mundo? Ponencia expuesta en el IV Simposium “Territorio y Sociedades en un Mundo en Cambio” realizado en Barcelona España.
- [3] Guzmán (2011). Optimización Dinámica de Estrategias de Movilidad Sostenible, en Áreas Metropolitanas. Tesis para optar al título de Doctor en la Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- [4] Andueza, P. (1989). El Diseño Geométrico de Carreteras, Tomo I. Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos ULA.
- [5] Manual de Capacidad de Carreteras Highway Capacity Manual (2010) (HCM).
- [6] Radelat, G. (2003). Principios de la Ingeniería de Tránsito, ITE (Institute of Transportation Engineers).
- [7] Manual Técnico de Tránsito, Transporte y Vialidad Urbana (2004).
- [8] Bañón, B y Beviá, J. (2008). Manual de Carreteras. España. [Página en línea]. Disponible en:

- [9] Matilde, P. Traducción del Manual HCM 2000. Teoría de Semáforos.
- [10] Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida-Ejido-Tabay POU (1999), aprobado según Gaceta Oficial N° 5.305 Extraordinario del 1º de febrero de 1999.
- [11] Norma para el proyecto de Carreteras, Ministerio de Transporte Comunicaciones MTC (1997), Dirección General de Vialidad, Caracas.
- [12] Manual de Vialidad Urbana (1981), Ministerio de Desarrollo Urbano, Dirección General de Desarrollo Urbanístico. Dirección General de Vialidad, Caracas.
- [13] Norma para el diseño vial. American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (2001).
- [14] Manual de Vialidad Urbana (1981), Ministerio de Desarrollo Urbano, Dirección General de Desarrollo Urbanístico. Dirección General de Vialidad, Caracas.
- [15] Barboza, R. Diseño de Intersecciones a Nivel. Zulia: Oficina de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia.

BIBLIOGRAFIA

Andueza, P. (1989). El Diseño Geométrico de Carreteras, Tomo I. Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos ULA.

Andueza, P. (1989). El Diseño Geométrico de Carreteras, Tomo II. Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos ULA.

Andueza, P. (2013). Diseño Funcional de Intersecciones a Nivel. Mérida, Venezuela:

Andueza, P. (2014). Análisis Operacional de Intersecciones Reguladas con Semáforos. Mérida, Venezuela:

Barboza, R. Diseño de Intersecciones a Nivel. Zulia: Oficina de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia.

Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2011). Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones. (8ª. ed.). México; Alfaomega Grupo Editor.

Carciente, J. (1980). Carreteras Estudios y Proyectos (2ª. ed.). Caracas, Venezuela: Ediciones Vega.

Osers, Harry. (1988) Dibujo de Proyectos de Construcción Tomo III. Urbanización (3ª. ed.). REFOLIT.

Radelat, G. (2003). Principios de la Ingeniería de Tránsito, ITE (Institute of Transportation Engineers)

Robertson, D. (1994). Manual of Transportation Engineering Studies. United States of America: Prentice-Hall.

Análisis para la determinación de la Velocidad Media de Recorrido en la metodología del HCM para vías urbanas de Brasil. [Página en línea].

Disponible en:

http://static1.squarespace.com/static/5571a591e4b0a0d418a4d033/t/5585f593e4b0de915cfaf056/1434842515753/Resumen_9AccionesParaLaMovilidad.pdf

Bañón, B y Beviá, J. (2008). Manual de Carreteras. España. [Página en línea].

Disponible en:

<http://documents.mx/documents/manual-de-carreteras-i-elementos-y-proyecto-luis-banon-jose-bevia-b.html>

Mejora de la vialidad urbana mediante el diseño de una metodología de aplicación de elementos urbanos. [Página en línea]. Disponible en:

<http://www.planpeatonalciclista.com/plan-maestro.html>

Propuesta para la congestión del tráfico en Lima: la zona de población. [Página en línea]. Disponible en:

<http://blog.pucp.edu.pe/item/72144/propuesta-para-la-congestion-del-traffic-en-lima-la-zona-de-poblacion>

Propuesta para el mejoramiento de imagen urbana en la zona centro de la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca. [Página en línea]. Disponible en:

http://www.unpa.edu.mx/tesis_Loma/tesis_digitales/Tesis%20Iris%20Upalia%20Ju%C3%A1rez.pdf

ANEXOS

A continuación se presentan los planos correspondientes a la Propuesta N° 03, de acuerdo al siguiente orden:

- Planos de Vialidad
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-1
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-2
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-3
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-4
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-5
 - Propuesta N° 03 Vialidad Definitiva V-6

- Planos de Señalización y Demarcación
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-1
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-2
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-3
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-4
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-5
 - Propuesta N° 03 Señalización Definitiva SD-6

ANEXOS EN FORMATO DIGITAL

De acuerdo al siguiente listado, se presentan los anexos mencionados a los largo del presente trabajo en formato digital.

ANEXO A Formatos y Modelos de Planillas

ANEXO 1 Conteos Vehiculares Intersección Sai - Sai

ANEXO 2 Conteos Vehiculares Intersección La Linda - La Floresta

ANEXO 3 Conteos Vehiculares Intersección La Pedregosa

ANEXO 4 Determinación de Hora Pico y Hora Valle

ANEXO 5 Resultados Synchro 8 Situación Actual

ANEXO 6 Planos Mejoras de Bajo Costo

www.bdigital.ula.ve